

HIDROCICLÓN

La invención se refiere a mejoras en un hidrociclón, o relacionadas con este y, particularmente, pero no exclusivamente, a partes para un hidrociclón.

Los hidrociclones se usan para separar la materia en suspensión transportada en un líquido que fluye, tal como una suspensión de minerales, en dos corrientes de descarga mediante la creación de fuerzas centrífugas dentro del hidrociclón a medida que el líquido pasa a través de este.

Un hidrociclón típico comprende un cuerpo principal que define una cámara superior y una cámara de separación troncocónica que se extiende desde la cámara superior. La cámara superior típicamente tiene la mayor dimensión de sección transversal de las partes de hidrociclones, e incluye una formación helicoidal en el interior de esta. La cámara de separación troncocónica puede comprender múltiples secciones troncocónicas acopladas de extremo a extremo y que terminan con una espita en la salida de descarga. Las secciones troncocónicas y la espita típicamente definen un pasaje de diámetro que se estrecha continuamente desde la cámara cilíndrica hasta la salida de descarga.

Una entrada de alimentación generalmente es tangencial al eje de la cámara de separación y se dispone en la cámara superior. Una salida de desbordamiento se ubica centralmente en un extremo superior de la cámara superior.

La entrada de alimentación se configura para suministrar la suspensión (líquido que contiene materia en suspensión) hacia la formación helicoidal en la cámara superior y desde allí fluye hacia la cámara de separación del hidrociclón, y la disposición es tal que la materia pesada (por ejemplo, más densa y más gruesa) tiende a migrar hacia la pared exterior de la cámara y hacia afuera a través de la salida de descarga ubicada en el centro. El material más ligero (menos denso o de tamaño de partícula más fino) migra hacia el eje central de la cámara y sale a través de la salida de desbordamiento. Los hidrociclones pueden usarse para la separación por tamaño de las partículas sólidas

suspendidas o por densidad de partículas. Los ejemplos típicos incluyen tareas de clasificación de sólidos en aplicaciones industriales y de minería.

Las partes de un hidrociclón que están más sujetas al desgaste debido a la separación de la suspensión son aquellas partes que comprenden la cámara de separación troncocónica (es decir, las secciones troncocónicas y la espita). Es deseable aumentar la vida útil de estos componentes mediante la reducción de la cantidad de desgaste al que son susceptibles.

De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona una sección parcialmente cónica para usar como parte de una cámara de separación de un hidrociclón, donde la sección parcialmente cónica comprende: un extremo superior que define diámetros interno y externo e incluye un montaje superior; un extremo inferior que define diámetros interno y externo más pequeños que el extremo superior, e incluye un montaje inferior; una pared lateral que define un pasaje interno a lo largo de un eje de transporte de fluidos y una superficie externa, donde el espesor de la pared lateral en el extremo superior es más estrecho que el espesor de la pared lateral en el extremo inferior; en donde el pasaje interno se extiende desde el extremo superior hasta el extremo inferior y define una parte que se ahúsa radialmente hacia adentro con respecto al eje de transporte de fluidos, y una parte que no se ahúsa hacia adentro con respecto al eje de transporte de fluidos, donde la parte que se ahúsa se extiende desde el extremo superior hasta la parte que no se ahúsa hacia adentro, y la parte que no se ahúsa hacia adentro se extiende desde un extremo estrecho de la parte que se ahúsa hacia adentro hasta el extremo inferior.

El montaje superior puede usarse para acoplar la sección parcialmente cónica a otra sección parcialmente cónica o a una parte de entrada de fluido de un hidrociclón.

El montaje inferior puede usarse para acoplar la sección parcialmente cónica a otra sección parcialmente cónica o a una espita de un hidrociclón.

La parte que no se ahúsa hacia adentro puede comprender un diámetro generalmente uniforme, tal como una parte cilíndrica.

En algunas modalidades, la parte que no se ahúsa hacia adentro comprende al menos 3 % de la longitud del pasaje interno a lo largo del eje de transporte de fluidos. En otras modalidades, la parte que no se ahúsa hacia adentro comprende al menos 4 %, 5 %, 6 %, 7 %, 8 %, 9 %, 10 %, 11 %, 12 %, 13 %, 14 %, 15 %, 16 %, 17 %, 18 %, 19 %, 20 %, 21 %, 22 %, 23 %, 24 %, 25 %, 26 %, 27 %, 28 % 29 % o 30 % de la longitud del pasaje interno a lo largo del eje de transporte de fluidos.

El extremo superior se refiere a la orientación de ese extremo cuando está en uso como parte de un hidrociclón. Durante el uso, el extremo superior proporciona la entrada para el hidrociclón, y el extremo inferior proporciona la salida de descarga o un acoplamiento a otra sección parcialmente cónica.

En una modalidad, la superficie externa de la pared lateral opcionalmente se ahúsa continuamente desde el extremo superior hasta el extremo inferior. Alternativamente, la superficie externa de la pared lateral comprende opcionalmente uno o más escalones desde el extremo superior hasta el extremo inferior.

El espesor de la pared lateral en el extremo superior es menor que el espesor de la pared lateral en el extremo inferior, lo que garantiza que se proporcione un mayor espesor de desgaste donde se espera mayor desgaste (es decir, el extremo inferior), y se proporcione un espesor reducido (y, por lo tanto, menor costo) donde se espera menor desgaste (es decir, el extremo superior).

El espesor de la pared lateral aumenta opcionalmente a medida que la superficie externa de la pared lateral se ahúsa desde el extremo superior hasta el extremo inferior en al menos 5 %, preferiblemente al menos 8 %; en algunas modalidades entre 8 % y 66 %, dependiendo del espesor inicial de la pared lateral.

En algunas modalidades, el ángulo entre la superficie externa de la pared lateral y una línea paralela al eje de transporte de fluidos (ángulo A) es menor que el ángulo

entre la parte que se ahúsa radialmente hacia adentro del pasaje interno y la línea paralela al eje de transporte de fluidos (ángulo B), asegurando de esta manera que el espesor de la pared lateral aumente a medida que la pared lateral se extiende hacia el extremo inferior.

El ángulo A puede seleccionarse del intervalo de 2 grados a 9 grados.

El ángulo B puede seleccionarse del intervalo de 3 grados a 10 grados.

La sección parcialmente cónica puede comprender una pared lateral de elastómero, una pared lateral de cerámica, una pared lateral de metal o aleación, una pared lateral compuesta, o similares. Alternativa o adicionalmente, la sección parcialmente cónica puede comprender un revestimiento cerámico, un revestimiento elastomérico, un revestimiento compuesto, o similares.

De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona una espita para usar como parte de una cámara de separación, donde la espita comprende: un extremo superior que define un diámetro interno e incluye un montaje superior para acoplar la espita a una sección de un hidrociclón; un extremo de salida de descarga que tiene un diámetro interno más pequeño que el extremo superior; una pared lateral de espita que define un pasaje interno a lo largo de un eje de transporte de fluidos y una superficie externa; en donde el pasaje interno se extiende desde el extremo superior hasta el extremo de salida de descarga y define: (i) una parte que se ahúsa radialmente hacia adentro con respecto al eje de transporte de fluidos, y (ii) una parte que no se ahúsa hacia adentro con respecto al eje de transporte de fluidos, donde la parte que se ahúsa que se extiende desde el extremo superior hasta la parte que no se ahúsa hacia adentro, y la parte que no se ahúsa hacia adentro se extiende desde un extremo estrecho de la parte que se ahúsa hasta el extremo de salida de descarga; en donde la parte que no se ahúsa hacia adentro comprende al menos 15 % de la longitud del pasaje interno a lo largo del eje de transporte de fluidos.

En otras modalidades, la parte que no se ahúsa hacia adentro comprende al menos, 16 %, 17 %, 18 %, 19 %, 20 %, 21 %, 22 %, 23 %, 24 %, 25 %, 26 %, 27 %, 28 %, 29 %, 30 %, 31 %, 32 %, 33 %, 34 %, 35 %, 36 %, 37 %, 38 %, 39 %, 40 %, 41 %, 42 %, 43 %, 44 %, 45 %, 46 %, 47 %, 48 %, 49 %, 50 %, 51 %, 52 %, 53 %, 54 %, 55 %, 56 %, 57 %, 58 %, 59 %, 60 %, 61 %, 62 %, 63 %, 64 % de la longitud total (que puede ser la longitud de la parte que se ahúsa radialmente hacia adentro y la parte que no se ahúsa hacia adentro combinadas) del pasaje interno a lo largo del eje de transporte de fluidos.

En algunas modalidades, el ángulo entre la parte que se ahúsa radialmente hacia adentro del pasaje interno de la espita y la línea paralela al eje de transporte de fluidos (ángulo C) es de al menos 8 grados.

En otras modalidades, el ángulo C puede seleccionarse del intervalo de 8 grados a 15 grados o en algunas modalidades hasta 36 grados.

De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un hidrociclón que comprende una sección parcialmente cónica de acuerdo con el primer aspecto y una espita de acuerdo con el segundo aspecto.

El hidrociclón puede comprender además una cámara superior de la cual depende la sección parcialmente cónica. La cámara superior puede comprender una superficie externa cilíndrica y puede definir una formación helicoidal en una superficie interna. La formación helicoidal puede definirse por un revestimiento desmontable ubicado en la cámara superior. La formación helicoidal puede extenderse alrededor de un ángulo radial de 300 grados, 330 grados, 350 grados o más. La parte helicoidal puede formar una espiral que tiene un giro de casi 360° cuando se observa desde arriba.

El hidrociclón puede comprender además una sección troncocónica convencional que comprende un pasaje interno que se ahúsa de forma sustancialmente continua a lo largo de toda la longitud de la sección troncocónica y que se acopla en un extremo inferior a la sección parcialmente cónica de acuerdo con el primer aspecto.

El hidrociclón puede comprender además múltiples secciones troncocónicas convencionales montadas, durante el uso, por encima de la sección parcialmente cónica de acuerdo con el primer aspecto.

En virtud de este aspecto, una sección parcialmente cónica comprende (i) una primera etapa que se extiende desde el extremo superior hasta una segunda etapa, en la que el pasaje se estrecha en diámetro a medida que se acerca a la segunda etapa, y (ii) la segunda etapa en la que el pasaje se extiende con un diámetro generalmente uniforme desde la primera etapa hasta el extremo inferior.

El hidrociclón puede comprender además una cámara de control de salida de desbordamiento ubicada en una pared superior de la entrada de alimentación y en comunicación de fluidos con esta a través de la salida de desbordamiento.

De acuerdo con un cuarto aspecto, se proporciona una sección parcialmente cónica para su uso como parte de una cámara de separación de un hidrociclón, donde la sección parcialmente cónica comprende: un extremo superior que define diámetros interno y externo e incluye un montaje superior; un extremo inferior que define diámetros interno y externo más pequeños que el extremo superior, e incluye un montaje inferior; y una pared lateral que define un pasaje interno a lo largo de un eje de transporte de fluidos desde el extremo superior hasta el extremo inferior y que define una parte que se ahúsa radialmente hacia adentro y una parte que no se ahúsa hacia adentro cerca del extremo inferior, en donde la pared lateral es más espesa cerca del extremo inferior que cerca del extremo superior.

La sección parcialmente cónica puede comprender además una superficie externa definida por la pared lateral.

De acuerdo con un quinto aspecto, se proporciona una cámara de separación que comprende múltiples secciones parcialmente cónicas de acuerdo con el primer aspecto; en donde las secciones parcialmente cónicas adyacentes se acoplan de extremo a extremo.

Las secciones parcialmente cónicas preferiblemente forman una pared lateral interna continua que define un pasaje interno con un diámetro que generalmente se estrecha desde una cámara cilíndrica a la cual se acopla una sección parcialmente cónica superior hasta cerca de una salida de descarga.

Opcionalmente, las secciones parcialmente cónicas adyacentes definen una transición escalonada de la pared lateral interna continua desde una sección parcialmente cónica a la sección parcialmente cónica adyacente.

Estos y otros aspectos de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción específica, que se da a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama en sección transversal esquemático simplificado de un hidrociclón de acuerdo con una primera modalidad de la presente invención;

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una parte (una sección parcialmente cónica) del hidrociclón de la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en planta (superior) de la sección parcialmente cónica de la Figura 2;

La Figura 4 es una elevación en sección transversal de la sección parcialmente cónica de la Figura 2;

La Figura 5 es una vista en planta (inferior) de la sección parcialmente cónica de la Figura 2;

La Figura 6 es la elevación en sección transversal de la Figura 4, pero con letras agregadas como referencia;

La Figura 7 es una tabla que muestra diversas dimensiones de la sección parcialmente cónica de la Figura 6;

La Figura 8 es una vista en perspectiva de otra parte (una espita) del hidrociclón de la Figura 1;

La Figura 9 es una vista en planta (superior) de la espita de la Figura 8;

La Figura 10 es una elevación en sección transversal de la espita de la Figura 8;

La Figura 11 es una elevación en sección transversal simplificada de una espita alternativa; y

La Figura 12 es una tabla que muestra diversas dimensiones de la espita alternativa de la Figura 11.

Primero se hace referencia a la Figura 1, que es un diagrama en sección transversal esquemático simplificado de un hidrociclón 10 de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Para mayor claridad y legibilidad, la Figura 1 no incluye ningún sombreado. El hidrociclón 10 comprende: una cámara superior 12 generalmente cilíndrica (la superficie externa) en un extremo superior de este, una tapa de desbordamiento 13 (también denominada localizador de vórtice) montada en una superficie superior de la cámara cilíndrica 12, y una cámara de separación 14 que se extiende desde una superficie inferior de la cámara cilíndrica 12 hasta un extremo de salida 16.

La cámara de separación 14 comprende múltiples secciones parcialmente cónicas parciales 20, 22 (dos se ilustran en esta modalidad, aunque puede usarse un número mayor o menor de secciones que dos) acopladas de extremo a extremo y que terminan con una espita 24 en el extremo de salida 16 (también denominado salida de descarga). Las secciones parcialmente cónicas 20,22 y la espita 24 forman una pared lateral interna continua 26 que define un pasaje interno 28 con un diámetro que generalmente se estrecha desde la cámara cilíndrica 12 hasta cerca de la salida de descarga 16.

La cámara de separación 14 define un eje longitudinal (cámara de separación) 30, también denominado como su eje central o un eje de transporte de fluidos. Una entrada de alimentación 32 se proporciona generalmente tangencial al eje longitudinal 30 y se extiende desde la cámara cilíndrica 12. Una salida de desbordamiento 34

comprende una abertura definida por la tapa de desbordamiento 13 en un extremo superior de la cámara cilíndrica 12.

La entrada de alimentación 32 se configura para permitir que la suspensión (líquido que contiene materia suspendida) se bombee a través de esta y hacia el contacto con un revestimiento 33 que define una formación helicoidal que guía la suspensión hacia abajo y alrededor de un ángulo de casi 360 grados para suministrarse a la cámara de separación de hidrociclón 14 para crear uno o más vórtices en esta y un núcleo de aire.

Durante el uso, el hidrociclón 10 se orienta típicamente como se muestra en la Figura 1 con su eje longitudinal 30 dispuesto en una orientación generalmente vertical. Sin embargo, en algunas modalidades, puede proporcionarse un conjunto de hidrociclones, donde cada hidrociclón se dispone en un ángulo de manera que las salidas de descarga 16 se encuentren todas muy próximas dispuestas en una formación de anillo y las salidas de desbordamiento 34 se encuentren relativamente más separadas. Otras modalidades pueden orientar el hidrociclón 10 en una orientación más horizontal que vertical, dependiendo de la aplicación para la cual se use el hidrociclón 10.

La cámara cilíndrica 12 define una brida circular 40 en un extremo inferior de esta; la espita 24 define una brida circular 42 en un extremo superior de esta, y cada una de las dos secciones parcialmente cónicas 20,22 define dos bridas circulares (44,46 y 48,50, respectivamente) en extremos opuestos de estas.

La sección parcialmente cónica superior 20 incluye un montaje superior 44 en forma de una brida superior para acoplarse a la brida de la cámara cilíndrica 42; y un montaje inferior 46 en forma de una brida inferior para acoplarse a una brida superior 48 de la sección parcialmente cónica inferior 22. De manera similar, la sección parcialmente cónica inferior 22 incluye la brida superior 48 (para acoplarse a la brida inferior 46) y un montaje inferior 50 en forma de una brida inferior para acoplarse a la brida de espita 42.

Al proporcionar estas bridas circulares de acoplamiento, la cámara cilíndrica 12, las secciones parcialmente cónicas 20,22, y la espita 24 pueden acoplarse todas de extremo a extremo y asegurarse mediante el uso de pernos, tornillos, remaches, soldaduras, una abrazadera, o cualquier otra fijación conveniente (no se muestra en la Figura 1).

El tamaño del hidrociclón 10 puede seleccionarse dependiendo de la aplicación, pero típicamente la altura total del hidrociclón 10 está en el intervalo de aproximadamente 0,8 m a aproximadamente 5 m. La cámara de separación 14 típicamente varía en longitud de aproximadamente 0,6 m a aproximadamente 4,5 m; y en ancho entre aproximadamente 40 cm y aproximadamente 1 m en la parte más ancha, y entre aproximadamente 20 cm y aproximadamente 60 cm en la parte más estrecha; aunque otras modalidades pueden usar dimensiones fuera de estas.

En esta modalidad, el hidrociclón es de aproximadamente 3 m de altura desde la parte superior del localizador de vórtice 34 hasta la parte inferior de la espita 24.

Ahora se hace referencia a las Figuras 2 a 5, que ilustran una de las secciones parcialmente cónicas (la inferior 22) en más detalle. Aunque solo se ilustra la inferior de las dos secciones parcialmente cónicas, la sección superior 20 es similar a la sección inferior 22 en esta modalidad. Sin embargo, en otras modalidades, la sección superior 20 puede comprender una sección cónica convencional que se ahúsa de forma continua (alternativamente, la sección inferior 22 puede comprender una sección cónica convencional que se ahúsa de forma continua y la sección superior 20 puede ser como se muestra en la Figura 1).

La sección parcialmente cónica inferior 22 comprende múltiples aberturas 60 en la brida superior 48 y múltiples aberturas 62 en la brida inferior 50, a través de las cuales pueden insertarse pernos o tornillos para fijar la sección inferior 22 a la sección superior 20 y la espita 24, respectivamente. Las aberturas 62 pueden ser roscadas o puede usarse una tuerca para fijar un perno a través de estas (o pueden usarse tornillos

autorroscante). La sección parcialmente cónica inferior 22 también comprende una pared lateral externa 64 que se ahúsa continuamente desde la brida superior 48 hasta la brida inferior 50, en un ángulo A de aproximadamente 5 grados con respecto al eje de transporte de fluidos 30 (se aprecia mejor en la Figura 4).

Como se aprecia mejor en la Figura 4, la pared lateral interna 26 de la sección parcialmente cónica inferior 22 comprende una parte ahusada hacia adentro 66 y una parte no ahusada hacia adentro 68 en forma de una parte de diámetro generalmente uniforme 68 (también denominada parte cilíndrica). La parte ahusada se extiende en un ángulo B de aproximadamente 7 grados con respecto al eje de transporte de fluidos 30 (aunque en otras modalidades puede usarse un ángulo de entre 2 grados y 8,5 grados). En esta modalidad, la parte ahusada 66 se extiende por aproximadamente 60 cm (aunque para otras modalidades puede encontrarse convenientemente en el intervalo de 24 cm a 1,13 m), y la parte de diámetro generalmente uniforme 68 se extiende por aproximadamente 18 cm (aunque para otras modalidades puede encontrarse convenientemente en el intervalo de 25 cm a 1,85 m).

Las Figuras 6 (que es la elevación en sección transversal de la Figura 4, pero con letras agregadas como referencia) y 7 (que es una tabla que usa las letras de referencia mostradas en la Figura 6), ilustran combinaciones de dimensiones adecuadas que pueden usarse en otras modalidades.

La suspensión generalmente aumenta la velocidad a medida que se desplaza a través de secciones más estrechas de un cono. Al proporcionar un ancho de diámetro generalmente uniforme (es decir, una zona cilíndrica) en la parte más estrecha de la sección parcialmente cónica, esto evita el aumento de la velocidad y reduce el desgaste con el tiempo, lo que aumenta la vida útil de la sección parcialmente cónica. Esto también mejora la dinámica de fluidos y evita el exceso de turbulencia, lo que aumenta el rendimiento del hidrociclón 10.

Ahora se hace referencia a las Figuras 8 a 10, que ilustran la espita 24 con más detalle (aunque no a escala). La espita 24 comprende el extremo de salida 16, un extremo superior 70 y una pared lateral anular 71 que define una superficie externa escalonada 72 que se extiende entre estos dos extremos 16,70. La superficie externa 72 comprende una parte de collar estrecha 74 de diámetro generalmente uniforme y que se extiende desde el extremo de salida hacia el extremo superior 70, y una parte de collar ancha 76 de diámetro generalmente uniforme y que se extiende desde el extremo superior 70 hacia el extremo de salida 16. En esta modalidad, el diámetro de la parte de collar estrecha 74 es de aproximadamente 30 cm; y el diámetro de la parte de collar ancha 76 es de aproximadamente 40 cm.

La pared lateral de espita 71 define una primera parte interna 78 que se ahúsa hacia adentro de forma continua con respecto al eje de transporte de fluidos 30 para reducir el diámetro del pasaje interno 28 en esta región. En esta modalidad, la primera parte interna 78 se extiende por toda la longitud de la parte de collar ancha 76 y por una parte de la parte de collar estrecha 74. La longitud total de la primera parte interna 78 es de 35 cm. La pared lateral de espita 71 también define una segunda parte interna 80 que tiene un diámetro generalmente uniforme con respecto al eje de transporte de fluidos 30 y que se extiende desde un extremo de la primera parte interna 78 hasta el extremo de salida de fluido 16. La longitud total de la segunda parte interna 80 es de 25 cm.

La primera parte interna 78 (que es la parte ahusada de la espita 24) se extiende en un ángulo C de aproximadamente 8 grados con respecto al eje de transporte de fluidos 30.

El ancho de la pared lateral anular 71 varía a lo largo del eje de transporte de fluidos 30 de manera que la pared lateral 71 es más espesa alrededor de la segunda parte interna 80, que es donde típicamente se produce la mayor parte del desgaste en la espita 24.

Con referencia nuevamente a la Figura 1, durante el funcionamiento del hidrociclón 10, la suspensión se bombea hacia la entrada de alimentación 32 bajo presión y es desviada por el revestimiento de entrada de alimentación 33 en la cámara cilíndrica 12, lo que hace que la suspensión gire alrededor del interior del hidrociclón 10. El movimiento giratorio produce un vórtice de suspensión y un núcleo de aire interno por el centro del hidrociclón 10 rodeado por el vórtice de suspensión.

Durante el funcionamiento estable, el hidrociclón 10 funciona de manera tal que una fase sólida más ligera de la suspensión se transporta hacia adentro y hacia arriba en un movimiento helicoidal hacia la parte superior del hidrociclón 10 y se descarga a través de la salida de desbordamiento más alta (el localizador de vórtice 34). Las partículas grandes y pesadas se mueven hacia afuera y hacia abajo en un movimiento helicoidal hacia la parte inferior y se descargan a través del extremo de salida 16 en la espita 24.

Ahora se hace referencia a la Figura 11, que es una vista en sección transversal simplificada (sin sombreado) de una espita alternativa 124 (generalmente correspondiente a la vista de la Figura 10 de la espita 24). Las partes correspondientes en la Figura 11 se muestran con el número «1» delante, p. ej., la brida circular 142 corresponde a la brida circular 42.

La longitud de la segunda parte interna 180 puede seleccionarse del intervalo de 35 mm a 287 mm. La longitud del pasaje interno 190, que corresponde a la suma de las longitudes de las partes internas 178, 180, puede seleccionarse del intervalo de 160 mm a 517 mm. La relación de la longitud de la segunda parte interna 180 a la longitud del pasaje interno 190 puede seleccionarse del intervalo de 16 % a 64 %.

En la espita 124, el ángulo C es de aproximadamente 9 grados, pero puede seleccionarse del intervalo de 8 grados a 19 grados.

El espesor de pared 192 de la parte de collar estrecha 174 puede seleccionarse del intervalo de 20 mm a 110 mm.

El diámetro del extremo de salida 16 (diámetro de salida 194) puede seleccionarse del intervalo de 10 m a 260 mm.

Los tamaños típicos de la segunda parte interna 180, la longitud del pasaje interno 190, el espesor de la pared del collar 192 y el diámetro de salida 194, (todos en mm) se muestran en la Figura 12, junto con un valor típico del ángulo C.

En la descripción anterior de determinadas modalidades, se ha usado terminología específica para mayor claridad. Sin embargo, no se pretende que la descripción se limite a los términos específicos así seleccionados, y debe entenderse que cada término específico incluye otros equivalentes técnicos que funcionan de manera similar para lograr un propósito técnico similar. Términos tales como «superior» e «inferior», «arriba» y «abajo» y similares se usan como términos de conveniencia para proporcionar puntos de referencia y no deben interpretarse como términos limitantes, ni que impliquen una orientación requerida del hidrociclón 10.

En la presente memoria descriptiva, la expresión «que comprende» debe entenderse en su sentido «abierto», es decir, en el sentido de «que incluye», y por lo tanto no se limita a su sentido «cerrado», es decir el sentido de «que consiste solamente en». Un significado correspondiente debe atribuirse a los términos correspondientes «comprende/n» y «comprendido/a» cuando aparecen.

La descripción anterior se proporciona en relación con diversas modalidades que pueden compartir características y elementos comunes. Debe entenderse que uno o más elementos de cualquiera de las modalidades pueden combinarse con uno o más elementos de las otras modalidades. Además, cualquier elemento único o combinación de elemento en cualquiera de las modalidades puede constituir modalidades adicionales.

Adicionalmente, en lo anterior se han descrito solo algunas modalidades de las invenciones, y se pueden hacer alteraciones, modificaciones, adiciones y/o cambios sin apartarse del alcance y espíritu de las modalidades descritas, siendo las modalidades

ilustrativas y no restrictivas. Por ejemplo, la cámara de separación del hidrociclón puede estar compuesta por más de dos segmentos parcialmente cónicos, unidos de extremo a extremo. Los medios mediante los cuales tales segmentos parcialmente cónicos se unen entre sí pueden no ser solamente mediante pernos y tuercas posicionados en los bordes de las bridas terminales, sino por otros tipos de medios de sujeción, tales como algún tipo de abrazadera externa.

Los materiales de construcción de las partes del cuerpo del hidrociclón (tales como las secciones parcialmente cónicas 20,22, la espita 24, y la cámara cilíndrica 12), aunque típicamente están hechos de plástico duro, metal o aleación, también pueden ser de otros materiales tales como cerámicas o elastómeros (con o sin refuerzo estructural) para proporcionar una resistencia mejorada al desgaste causado por la suspensión que se separa. En otras modalidades, las secciones parcialmente cónicas 20,22 y la espita 24 pueden incluir partes de revestimiento para proporcionar resistencia mejorada al desgaste producido por la suspensión que se separa. Las partes de revestimiento pueden comprender una cerámica, un elastómero o un compuesto (material cerámico, metálico, de aleación, elastomérico y/o de fibra, tal como una fibra natural o sintética). Dichas partes de revestimiento pueden formarse con cualquier geometría de forma interna deseada para la cámara cilíndrica 12 o la cámara de separación 14.

En otras modalidades, puede usarse una abrazadera para fijar las bridas de acoplamiento circulares en lugar, o además, de los pernos.

Asimismo, las invenciones se han descrito en relación con las que se consideran actualmente que son las modalidades más prácticas y preferidas. Debe entenderse que la invención no debe limitarse a las modalidades descritas, sino que por el contrario se pretende que abarque diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de las invenciones. Adicionalmente, las diversas modalidades descritas anteriormente pueden implementarse junto con otras modalidades, por

ejemplo, los aspectos de una modalidad pueden combinarse con aspectos de otra modalidad para poner en práctica incluso otras modalidades. Además, cada elemento o componente independiente de cualquier unidad determinada puede constituir una modalidad adicional.

Las dimensiones y ángulos proporcionados en las modalidades se proporcionan a modo de ejemplo solamente, para permitir que el experto en la técnica comprenda las modalidades más completamente.

Lista de números de referencia y elementos correspondientes

hidrociclón 10

cámara (cilíndrica) superior 12

tapa de desbordamiento (localizador de vórtice) 13

cámara de separación 14

extremo de salida 16, 116

secciones parcialmente cónicas 20, 22

espita 24, 124

pared lateral interna 26, 126

pasaje interno 28

eje longitudinal (central) 30, 130

entrada de alimentación 32

revestimiento 33

salida de desbordamiento 34

brida circular 40

brida circunferencial (cámara cilíndrica) 42, 142

bridas circulares de las secciones parcialmente cónicas 44,46 y 48,50

montaje (brida) superior de sección parcialmente cónica superior 44

montaje (brida) inferior de sección parcialmente cónica superior 46

montaje (brida) superior de sección parcialmente cónica inferior 48

montaje (brida) inferior de sección parcialmente cónica inferior 50

aberturas de brida superior 60

aberturas de brida inferior 62

parte ahusada hacia adentro 66

parte que no se ahúsa hacia adentro 68

extremo superior de espita 70, 170

pared lateral anular de espita 71, 171

superficie externa de espita 72

parte de collar estrecha 74, 174

parte de collar ancha 76, 176

primera parte interna de pared lateral de espita 78, 178

segunda parte interna de pared lateral de espita 80, 180

longitud de parte interna total 190

espesor de pared de parte de collar estrecha 192

diámetro de salida de extremo de salida 194