

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 344**

51 Int. Cl.:

B24C 7/00 (2006.01)

B24C 1/04 (2006.01)

B24C 5/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2018 E 23151624 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024 EP 4186639**

54 Título: **Sistemas y métodos de gestión del flujo de aire para facilitar el suministro de abrasivos a un cabezal de corte por chorro de fluido abrasivo**

30 Prioridad:

21.09.2017 US 201715711935

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

29.10.2024

73 Titular/es:

**SHAPE TECHNOLOGIES GROUP, INC. (100.0%)
23500 64th Avenue South
Kent, Washington 98032, US**

72 Inventor/es:

**NAMBIATH, PRADEEP;
HASHISH, MOHAMED;
CRAIGEN, STEVEN y
CHILLMAN, ALEX**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 984 344 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistemas y métodos de gestión del flujo de aire para facilitar el suministro de abrasivos a un cabezal de corte por chorro de fluido abrasivo

Antecedentes

5 Campo técnico

Esta descripción se refiere a sistemas de corte por chorro de fluido abrasivo según el preámbulo de la reivindicación independiente 1 y, en particular, a sistemas de gestión del flujo de aire para facilitar el suministro de abrasivos a un cabezal de corte por chorro de fluido abrasivo.

Descripción de la técnica relacionada

10 Los chorros de fluido a alta presión, incluyendo los chorros de agua abrasivos a alta presión, se utilizan para cortar una amplia variedad de materiales en muchas industrias diferentes. Actualmente están disponibles sistemas para generar chorros de agua abrasivos a alta presión, como por ejemplo el sistema de chorro de agua abrasivo de cinco ejes Mach 4™ fabricado por Flow International Corporation, y otros sistemas de chorro de agua abrasivo disponibles de KMT Waterjet Systems, Inc. Los términos "chorro de fluido a alta presión" y "chorro" deben entenderse que
15 incorporan todos los tipos de chorros de fluido a alta presión, incluyendo, pero sin limitarse a, chorros de agua a alta presión y chorros de agua abrasivos a alta presión. En dichos sistemas, el fluido a alta presión, normalmente agua, fluye a través de un orificio de una unidad de orificio en un cabezal de corte para formar un chorro a alta presión, en el que las partículas abrasivas pueden combinarse a medida que el chorro fluye a través de una cámara de mezcla y de un tubo de mezcla para formar un chorro de agua abrasivo a alta presión. El chorro de fluido abrasivo a alta presión se descarga, normalmente, del tubo de mezcla y se dirige hacia una pieza de trabajo para cortar la pieza de trabajo a lo largo de una trayectoria designada o procesar de otro modo una pieza de trabajo o superficie de trabajo.

Actualmente están disponibles diversos sistemas para mover un chorro de fluido a alta presión a lo largo de una trayectoria designada. Dichos sistemas pueden denominarse, comúnmente, por ejemplo, máquinas de tres ejes y de
25 cinco ejes. Las máquinas de tres ejes convencionales montan el cabezal de corte de tal manera que pueda moverse a lo largo de un plano x-y y perpendicularmente al mismo a lo largo de un eje z, es decir, hacia y desde de la pieza de trabajo. De esta manera, el chorro de fluido a alta presión generado por el cabezal de corte se mueve a lo largo de la trayectoria designada en un plano x-y, y se eleva y se baja con respecto a la pieza de trabajo, según se desee. Las máquinas de cinco ejes convencionales trabajan de manera similar, pero proporcionan movimiento alrededor de dos ejes giratorios adicionales. Otros sistemas pueden incluir un cabezal de corte montado en un brazo robótico articulado, como, por ejemplo, un brazo robótico de seis ejes que se articula alrededor de seis ejes giratorios separados.

Los procesos de fabricación asistidos por ordenador (CAM) pueden utilizarse para accionar o controlar dichas máquinas convencionales a lo largo de una trayectoria designada, como permitiendo que se utilicen modelos bidimensionales o tridimensionales de las piezas de trabajo generadas utilizando diseño asistido por ordenador (es decir, modelos CAD) para generar código para accionar las máquinas. Por ejemplo, puede utilizarse un modelo CAD
35 para generar las instrucciones para accionar los controles y motores apropiados de la máquina para manipular la máquina alrededor de sus ejes de traslación y/o giratorios para cortar o procesar una pieza de trabajo como se refleja en el modelo.

Durante el proceso de corte por chorro de fluido, la precisión dimensional y la calidad del corte pueden depender, entre otras cosas, de la composición del chorro de fluido abrasivo descargado, que incluye la cantidad de abrasivos y el fluido portador de material abrasivo (p. ej., aire) que pueden ser arrastrados en el chorro de fluido antes de ser descargado del sistema para procesar una pieza de trabajo o una superficie de trabajo. En consecuencia, pueden ser deseables sistemas mejorados para controlar o manipular la composición del chorro de fluido abrasivo descargado.

El documento US2012196516 A1, el cual describe un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1, describe una máquina de procesamiento por chorro de agua abrasivo. El documento WO2016116277 A1 describe un método para
45 ajustar o hacer funcionar un sistema dosificador de partículas para una instalación de granallado de partículas, en particular una instalación de granallado para el trabajo de superficies.

Breve compendio

Las realizaciones descritas en la presente memoria proporcionan un sistema de corte por chorro de fluido abrasivo según la reivindicación 1, y permiten que la composición de un chorro de fluido abrasivo descargado se controle o manipule de una manera particularmente ventajosa.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

La Figura 1 es una vista isométrica de un sistema de corte por chorro de fluido a alta presión de ejemplo, según una realización, que comprende un manipulador de múltiples ejes (p. ej., sistema de movimiento de pórtico) que soporta un cabezal de corte por chorro de agua en un extremo de trabajo del mismo.

La Figura 2 es una vista en sección transversal de un cabezal de corte por chorro de agua, que puede generar un chorro de agua abrasivo de acuerdo con aspectos de los sistemas y métodos de gestión de aire descritos en la presente memoria.

5 La Figura 3 es un diagrama que ilustra las relaciones entre diversos componentes del sistema y cómo pueden afectar al caudal de aire a través de un conducto de alimentación de abrasivo de un sistema de corte por chorro de agua.

La Figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra el flujo de aire asociado a un sistema convencional de corte por chorro de agua abrasivo.

10 La Figura 5 es un diagrama esquemático que ilustra el flujo de aire asociado a un sistema de corte por chorro de agua abrasivo, que no cae dentro del alcance de la presente invención, que presenta un dispositivo de control del flujo de aire proporcionado en un conducto de alimentación de abrasivo del sistema de corte por chorro de agua abrasivo.

La Figura 6 es un diagrama esquemático de un sistema de corte por chorro de agua abrasivo, que tampoco cae dentro del alcance de la presente invención, que presenta un dispositivo de control del flujo de aire proporcionado en un conducto de alimentación de abrasivo del sistema de corte por chorro de agua abrasivo.

15 La Figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra el flujo de aire asociado a otra realización de ejemplo de un sistema de corte por chorro de agua abrasivo que presenta un dispositivo de succión acoplado a un conducto de alimentación de abrasivo del sistema de corte por chorro de agua abrasivo, aguas arriba de un cabezal de corte por chorro de agua abrasivo.

20 La Figura 8A es una vista en alzado de una realización de ejemplo de un sistema de corte por chorro de agua abrasivo que presenta un dispositivo de succión acoplado a un conducto de alimentación de abrasivo del sistema de corte por chorro de agua abrasivo, aguas arriba de un cabezal de corte por chorro de agua abrasivo.

La Figura 8B es una vista detallada en sección transversal ampliada de una parte del sistema de corte por chorro de agua abrasivo de la Figura 8A que muestra una conexión del dispositivo de succión al conducto de alimentación de abrasivo.

25 La Figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra el flujo de aire asociado a otra realización de ejemplo de un sistema de corte por chorro de agua abrasivo, que incluye un dispositivo de refuerzo del flujo acoplado a un conducto de alimentación de abrasivo del sistema de corte por chorro de agua abrasivo.

La Figura 10A es una vista en alzado de una realización de ejemplo de un sistema de corte por chorro de agua abrasivo que presenta un dispositivo de refuerzo del flujo acoplado a un conducto de alimentación de abrasivo del sistema de corte por chorro de agua abrasivo.

30 La Figura 10B es una vista detallada en sección transversal ampliada de una parte del sistema de corte por chorro de agua abrasivo de la Figura 10A que muestra una conexión del dispositivo de refuerzo del flujo al conducto de alimentación de abrasivo.

Descripción detallada

35 En la siguiente descripción, se exponen ciertos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de las diversas realizaciones descritas. Sin embargo, un experto en la técnica relevante reconocerá que las realizaciones pueden ponerse en práctica sin uno o más de estos detalles específicos. En otros casos, las estructuras bien conocidas asociadas a sistemas de corte por chorro de fluido abrasivo y métodos de funcionamiento de los mismos pueden no mostrarse o describirse en detalle para evitar oscurecer, innecesariamente, las descripciones de las realizaciones. Por ejemplo, sistemas de control y componentes de accionamiento bien conocidos
40 pueden estar integrados en los sistemas de corte por chorro de fluido abrasivo para facilitar el movimiento del cabezal de corte por chorro de fluido abrasivo con relación a la pieza de trabajo o superficie de trabajo a procesar. Estos sistemas pueden incluir componentes de accionamiento para manipular el cabezal de corte alrededor de múltiples ejes de rotación y traslación, como es común en los manipuladores de múltiples ejes de los sistemas de corte por chorro de fluido abrasivo. Los sistemas de corte por chorro de fluido abrasivo de ejemplo pueden incluir un cabezal de corte
45 por chorro de agua acoplado a un sistema de movimiento de tipo pórtico (como se muestra en la Figura 1), a un sistema de movimiento de brazo robótico, o a otro sistema de movimiento para mover el cabezal de corte con respecto a una pieza de trabajo o superficie de trabajo. En otros casos, un sistema de movimiento de brazo robótico u otro sistema de movimiento puede manipular la pieza de trabajo con respecto a un cabezal de corte estacionario.

50 A menos que el contexto requiera lo contrario, a lo largo de la especificación y las reivindicaciones que siguen, la palabra "comprender" y variaciones de la misma, como "comprende" y "que comprende", deben interpretarse en un sentido abierto, inclusivo, es decir, como "que incluye, pero no se limita a".

La referencia a lo largo de esta especificación a "una realización" o "una realización" significa que un rasgo, estructura o característica en particular descrita en conexión con la realización se incluye en, al menos, una realización. Por tanto, las apariciones de las frases "en una realización" o "en una realización" en varios lugares a lo largo de esta especificación no se refieren todas, necesariamente, a la misma realización. Además, los rasgos, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones.

Como se utiliza en esta especificación y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una", y "el" incluyen referentes plurales a menos que el contenido indique claramente lo contrario. También debe observarse que el término "o" se emplea, generalmente, en su sentido que incluye "y/o" a menos que el contenido indique claramente lo contrario.

Las realizaciones descritas en la presente memoria proporcionan sistemas de corte por chorro de fluido abrasivo que comprenden sistemas de gestión del flujo de aire para facilitar el suministro de abrasivos a un cabezal de corte por chorro de fluido abrasivo, y permitir que la composición del chorro de fluido abrasivo descargado se controle o manipule de una manera particularmente ventajosa.

Como se utiliza en la presente memoria, el término cabezal de corte o conjunto de cabezal de corte puede referirse, generalmente, a un conjunto de componentes en un extremo de trabajo de la máquina o sistema de chorro de fluido (p. ej., chorro de agua), y puede incluir, por ejemplo, un miembro de orificio, como un orificio de joya, a través del cual pasa fluido durante el funcionamiento para generar un chorro de fluido a alta presión, un componente de boquilla (p. ej., tubo de mezcla) para descargar el chorro de fluido a alta presión, y estructuras y dispositivos circundantes acoplados, directa o indirectamente, al mismo para moverse al unísono con el mismo. El cabezal de corte también puede denominarse efector final o conjunto de boquilla.

La Figura 1 muestra una realización de ejemplo de un sistema de corte por chorro de fluido abrasivo en forma de un sistema 10 de corte por chorro de agua abrasivo. El sistema 10 de corte por chorro de agua abrasivo incluye un conjunto 11 del depósito receptor que tiene una superficie 13 de soporte de trabajo (p. ej., una disposición de listones) que se configura para soportar una pieza de trabajo 14 a procesar por el sistema 10. El sistema 10 de corte por chorro de agua incluye además un conjunto 15 de puente que puede moverse a lo largo de un par de rieles 16 de base y se extiende a ambos lados del conjunto 11 del depósito receptor. En funcionamiento, el conjunto 15 de puente puede moverse hacia atrás y hacia adelante a lo largo de los rieles 16 de base con respecto a un eje X de traslación para colocar un cabezal 12 de corte del sistema 10 para procesar la pieza de trabajo 14. Un carro 17 de herramientas está acoplado de manera móvil al conjunto 15 de puente para trasladarse hacia atrás y hacia adelante a lo largo de otro eje Y de traslación, que está alineado, perpendicularmente, al eje X de traslación mencionado anteriormente. El carro 17 de herramientas puede estar configurado para elevar y bajar el cabezal 12 de corte a lo largo de otro eje Z de traslación más, para mover el cabezal 12 de corte hacia y desde de la pieza de trabajo 14. También pueden proporcionarse uno o más enlaces o miembros manipulables entre el cabezal 12 de corte y el carro 17 de herramientas para proporcionar funcionalidad adicional.

Como un ejemplo, el sistema 10 de corte por chorro de agua puede incluir un antebrazo 18 acoplado de manera giratoria al carro 17 de herramientas para girar el cabezal 12 de corte alrededor de un eje de rotación, y una muñeca 19 acoplada de manera giratoria al antebrazo 18 para girar el cabezal 12 de corte alrededor de otro eje de rotación. En combinación, los ejes de rotación del antebrazo 18 y de la muñeca 19 pueden permitir que el cabezal 12 de corte sea manipulado en un amplio rango de orientaciones con respecto a la pieza de trabajo 14 para facilitar, por ejemplo, el corte de perfiles complejos.

Durante el funcionamiento, el movimiento del cabezal 12 de corte con respecto a cada uno de los ejes de traslación y uno o más ejes de rotación puede lograrse mediante diversos componentes de accionamiento convencionales y un sistema 20 de control apropiado. El sistema de control puede, generalmente, incluir, sin limitación, uno o más dispositivos informáticos, como procesadores, microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSP), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y similares. Para almacenar información, el sistema de control también puede incluir uno o más dispositivos de almacenamiento, como memoria volátil, memoria no volátil, memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM) y similares. Los dispositivos de almacenamiento pueden estar acoplados a los dispositivos informáticos mediante uno o más buses. El sistema de control puede incluir además uno o más dispositivos de entrada (p. ej., pantallas, teclados, paneles táctiles, módulos controladores, o cualquier otro dispositivo periférico para la entrada del usuario) y dispositivos de salida (p. ej., pantallas de visualización, indicadores luminosos, y similares). El sistema de control puede almacenar uno o más programas para procesar cualquier número de piezas de trabajo diferentes según diversas instrucciones de movimiento del cabezal de corte. El sistema de control también puede controlar el funcionamiento de otros componentes, como, por ejemplo, una fuente de fluido secundaria, un dispositivo de succión y/o una fuente de gas presurizado acoplada a los conjuntos de cabezal de corte por chorro de agua abrasivo y los componentes descritos en la presente memoria. El sistema de control, según una realización, puede proporcionarse en forma de un sistema informático de propósito general. El sistema informático puede incluir componentes como una CPU, diversos componentes de E/S, almacenamiento, y memoria. Los componentes de E/S pueden incluir una pantalla, una conexión de red, una unidad de medios legible por ordenador, y otros dispositivos de E/S (un teclado, un ratón, altavoces, etc.). Un programa gestor del sistema de control puede ejecutarse en memoria, como bajo el control de la CPU, y puede incluir la funcionalidad relacionada con, entre otras cosas, encaminar agua a alta presión a través de los sistemas de corte por chorro de agua abrasivo descritos en la presente memoria, y

gestionar el flujo de aire a través de un conducto de alimentación de abrasivo para facilitar el suministro de abrasivos al cabezal de corte por chorro de fluido abrasivo.

Se describen, en la Patente de EE.UU. No 6.766.216 de Flow, la cual se incorpora en la presente memoria como referencia en su totalidad, otros ejemplos de métodos y sistemas de control para sistemas de corte por chorro de agua, que incluyen, por ejemplo, funcionalidad CNC, y que son aplicables a los sistemas de corte por chorro de agua abrasivo descritos en la presente memoria. En general, pueden utilizarse procesos de fabricación asistidos por ordenador (CAM) para accionar o controlar, eficientemente, un cabezal de corte por chorro de agua abrasivo a lo largo de una trayectoria designada, como permitiendo que se utilicen modelos bidimensionales o tridimensionales de piezas de trabajo generadas utilizando diseño asistido por ordenador (es decir, modelos CAD) para generar código para accionar las máquinas. Por ejemplo, en algunos casos, puede utilizarse un modelo CAD para generar instrucciones para accionar los controles y motores apropiados de un sistema de corte por chorro de agua abrasivo para manipular el cabezal de corte alrededor de diversos ejes de traslación y/o de rotación para cortar o procesar una pieza de trabajo como se refleja en el modelo CAD. Sin embargo, los detalles del sistema de control, los componentes de accionamiento convencionales y otros sistemas bien conocidos asociados a sistemas de corte por chorro de agua abrasivo no se muestran o describen en detalle para evitar obscurecer, innecesariamente, las descripciones de las realizaciones. Otros sistemas conocidos asociados a sistemas de corte por chorro de agua incluyen, por ejemplo, una fuente de fluido a alta presión (p. ej., bombas de accionamiento directo e intensificadoras con valores nominales de presión que varían desde 40.000 psi a 110.000 psi y más) para suministrar fluido a alta presión (normalmente agua) al cabezal de corte.

La Figura 2 muestra un ejemplo de un cabezal 50 de corte por chorro de agua abrasivo. El cabezal 50 de corte incluye una entrada 52 de abrasivo acoplada a una fuente 54 de abrasivo a través de un conducto 56 de alimentación de abrasivo. El cabezal 50 de corte incluye además un puerto suplementario 60 que puede estar acoplado a un dispositivo suplementario 62, como, por ejemplo, un dispositivo de succión para ayudar a introducir abrasivos en el cabezal 50 de corte. En otros casos, el dispositivo suplementario 62 puede ser una fuente de alimentación de abrasivo secundaria, una fuente de aire presurizado, u otro dispositivo que asista o aumente el funcionamiento del cabezal 50 de corte. En algunos casos, puede no proporcionarse un dispositivo suplementario 62 y el puerto suplementario 60 puede sellarse con una tapa 66, bloquearse por una válvula, u omitirse de otro modo.

Con referencia continuada a la Figura 2, el cabezal 50 de corte también incluye un cuerpo 70 del cabezal de corte, un miembro 72 de orificio para producir un chorro de fluido dentro del cuerpo 70 del cabezal de corte, y un tubo 74 de mezcla acoplado al cuerpo 70 del cabezal de corte. El cuerpo 70 del cabezal de corte tiene una superficie interior 77 que define, al menos, una parte de una cámara 78 de mezcla. En la Figura 2, la cámara 78 de mezcla es, generalmente, el espacio entre un soporte 80 de orificio, que soporta el miembro 72 de orificio, y el tubo 74 de mezcla. La entrada 52 de abrasivo define, al menos, una parte del conducto 56 de alimentación de abrasivo entre la fuente 54 de abrasivo y la cámara 78 de mezcla. El puerto suplementario 60, cuando se proporciona, define, al menos, una parte de un conducto 57 de flujo entre el dispositivo suplementario 62 y la cámara 78 de mezcla.

El cuerpo 70 del cabezal de corte puede tener una construcción de una pieza y puede estar hecho, en su totalidad o en parte, de uno o más metales, aleaciones metálicas, o similares. El cuerpo 70 del cabezal de corte puede incluir hilos u otras características de acoplamiento para acoplarse a otros componentes del cabezal 50 de corte. El soporte 80 de orificio está fijado con respecto al cuerpo 70 de cabezal de corte e incluye un rebaje dimensionado para recibir y sujetar el miembro 72 de orificio. El miembro 72 de orificio se mantiene alineado con la cámara 78 de mezcla, con un conducto 75 del tubo 74 de mezcla, y con un conducto 82 aguas arriba en comunicación fluida con una fuente 84 de fluido de alta presión. El miembro 72 de orificio, en algunas realizaciones, es un orificio de joya u otro dispositivo de producción de chorro de fluido o corriente de corte utilizado para lograr las características de flujo deseadas del chorro de fluido resultante. La abertura del miembro 72 de orificio puede tener un diámetro en un rango de, aproximadamente, 0,025 mm (0,001 pulgadas) a, aproximadamente, 0,5 mm (0,02 pulgadas). También pueden utilizarse aberturas con otros diámetros, si se necesita o se desea.

El soporte 80 de orificio define un extremo aguas arriba de la cámara 78 de mezcla, y el tubo 74 de mezcla define un extremo aguas abajo de la cámara 78 de mezcla. La cámara 78 de mezcla incluye una región central, relativamente ancha, en la que pueden ser arrastrados abrasivos (p. ej., partículas de granate) desde la fuente 54 de abrasivo en el chorro de fluido. La cámara 78 de mezcla ilustrada tiene un área de sección transversal que es mayor que un área de sección transversal del conducto 75 del tubo 74 de mezcla. La cámara 78 de mezcla ilustrada de la Figura 2 es una cámara de arrastre de una sola etapa en la que se produce, sustancialmente, todo el proceso de arrastre. Una corriente de abrasivos puede ser arrastrada, continuamente, en, al menos, una parte de una sección del chorro de fluido entre el soporte 80 de orificio y el tubo 74 de mezcla. El chorro de fluido ilustrado sale del miembro 72 de orificio a la cámara 78 de mezcla. Los abrasivos alimentados o arrastrados hacia la cámara 78 de mezcla, de acuerdo con aspectos de los métodos y sistemas de gestión de aire descritos en la presente memoria son arrastrados en el chorro de fluido para formar un chorro de fluido abrasivo que fluye a través del conducto 75 del tubo 74 de mezcla. Los abrasivos pueden ser arrastrados antes de entrar en un extremo aguas arriba del tubo 74 de mezcla. Los abrasivos arrastrados pueden continuar mezclándose junto con el chorro de fluido mientras se desplazan a lo largo del conducto 75 del tubo 74 de mezcla. Un chorro de fluido cargado con abrasivos se descarga, finalmente, desde una salida 76 del tubo 74 de mezcla para procesar una pieza de trabajo o superficie de trabajo.

Se proporcionan sistemas y métodos de gestión del flujo de aire para facilitar el suministro de abrasivos a un cabezal de corte por chorro de agua abrasivo que permiten que la composición de un chorro de fluido abrasivo descargado se controle o manipule de una manera particularmente ventajosa. Los métodos pueden incluir medir, continua o periódicamente, el caudal volumétrico del aire (u otro fluido portador de material abrasivo) que se mueve a través de un conducto de alimentación de abrasivo (p. ej., el conducto 56 de alimentación de abrasivo de la Figura 2) en una o más ubicaciones de medición, y ajustar el caudal volumétrico del aire (u otro fluido portador de material abrasivo) que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo en función, al menos en parte, de dicha medición, como se describe con más detalle en la presente memoria.

A modo de antecedentes, y con referencia a la Figura 2, se utiliza, comúnmente, un flujo de aire como fluido portador de material abrasivo para transportar abrasivos desde la fuente 54 de abrasivo (p. ej., una tolva de almacenamiento/dosificación) hasta el cabezal 50 de corte. Cuando se dispara el chorro de agua (abriendo una válvula), el agua a alta presión pasa a través del miembro 72 de orificio para generar un chorro de fluido como se describió previamente. El chorro de fluido se mueve entonces a través del tubo 74 de mezcla, lo que hace que la presión caiga en la cámara 78 de mezcla entre el plano de salida del orificio y la entrada del tubo 74 de mezcla. Esta caída de presión permite que el aire ambiente y los abrasivos sean arrastrados al cabezal 50 de corte para mezclarse con el chorro de agua antes de que el chorro sea descargado desde el tubo 74 de mezcla. Sin embargo, el caudal del aire que ingresa al cabezal 50 de corte bajo dicha configuración de chorro de agua abrasivo, normalmente, no permanece constante debido a varios factores. Dichos factores pueden incluir uno o más de los siguientes:

Desgaste del tubo de mezcla. El desgaste del tubo de mezcla hace que el caudal de aire cambie debido al cambio en el área de flujo y la forma del conducto 75 que se extiende a través del tubo 74 de mezcla. Por ejemplo, el caudal de aire puede, inicialmente, aumentar a medida que aumenta el área de flujo. Por otra parte, el desgaste adicional puede reducir la caída de presión asociada al fluido que se mueve a través del tubo 74 de mezcla y puede así "debilitar" el vacío en la cámara 78 de mezcla y dar como resultado un caudal de aire reducido a través del conducto 56 de alimentación de abrasivo.

Desgaste del miembro de orificio. El desgaste del miembro de orificio o el desconchado o redondeo de los bordes puede dar como resultado un chorro de dispersión más rápido que puede aumentar el nivel de vacío en la cámara 78 de mezcla, dando como resultado un mayor caudal de aire a través del conducto 56 de alimentación de abrasivo a medida que se arrastra más aire en el chorro.

Aumento de la fricción de pared. El aumento de la fricción de la pared en un conducto de suministro (p. ej., manguera de suministro) que define, al menos, una parte del conducto 56 de alimentación de abrasivo tenderá a disminuir el caudal de aire ya que los niveles de presión, en ambos extremos del conducto de suministro, están, generalmente, fijados por la configuración del sistema.

Deformación del conducto de suministro. La deformación de un conducto de suministro (p. ej., manguera de suministro) que define al menos una parte del conducto 56 de alimentación de abrasivo, como el "retorcimiento" del conducto de suministro, puede reducir el caudal de aire a través del conducto 56 de alimentación de abrasivo creando una resistencia adicional al flujo.

La Figura 3 ilustra cómo el caudal de aire a través de un conducto de alimentación de abrasivo (también denominado línea de alimentación) puede verse afectado por diversos componentes del sistema. Más particularmente, ilustra la relación entre el diferencial de presión aplicado al conducto de alimentación de abrasivo y el caudal de aire correspondiente del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo hacia la boquilla (también denominada tubo de mezcla). La característica de la boquilla de una boquilla de ejemplo está representada por la línea (1) e ilustra que el caudal de aire varía desde flujo cero, para una condición de boquilla completamente cerrada, hasta un flujo máximo para una boquilla completamente abierta. La característica del conducto de alimentación de abrasivo de un conducto de alimentación de abrasivo de ejemplo está representada por la línea (X) e ilustra que el caudal de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo aumenta, generalmente, a medida que aumenta el diferencial de presión. El caudal para la disposición del sistema de ejemplo está representado por el punto (A) en este caso, donde la línea (1) característica de la boquilla se cruza con la línea (X) característica del conducto de alimentación de abrasivo. Ahora, si aumenta la fricción de la pared del conducto de alimentación de abrasivo, entonces la línea característica del conducto de alimentación de abrasivo se desplaza, como se representa por la línea (Y), estando representado el nuevo caudal de aire por el punto (E), donde la línea (1) característica de la boquilla se cruza con la característica (Y) del conducto de alimentación de abrasivo. Esto podría ocurrir también bajo las circunstancias de un conducto de alimentación de abrasivo más largo que el de la línea (X), o una combinación de un conducto de alimentación de abrasivo más largo y un aumento de la fricción de la pared. Ahora, cuando la boquilla (p. ej., el tubo de mezcla) se desgasta, la línea característica de la boquilla se desplaza, como se representa por la línea (2). Como un ejemplo, una condición de boquilla completamente abierta para una boquilla desgastada dará como resultado un mayor flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo, que una boquilla no desgastada. Además, los orificios más pequeños y las boquillas más pequeñas harán que la línea característica de la boquilla se mueva hacia la izquierda, como se representa por la línea (3), a medida que el conducto de descarga se vuelve más restrictivo. En tal escenario, el caudal de aire estaría representado por el punto (F) para una línea (X) del conducto de alimentación de abrasivo.

Ahora, en función del caudal de abrasivo requerido o deseado, el caudal de aire (y la velocidad de flujo) pueden ser suficientes o no en función de las características anteriores. Por ejemplo, el caudal (F) de aire no tendrá la misma capacidad de transporte de abrasivo que el caudal (A) de aire dado el mismo tamaño del conducto de alimentación de abrasivo. En este caso, puede ser necesario aire adicional para suministrar la cantidad requerida o deseada de material abrasivo.

En el caso de caudal (A), que puede aumentar al caudal (B) de aire debido a cambios en las características del cabezal de corte, también se producirán cambios en el chorro. Por ejemplo, los cambios pueden hacer que el chorro se extienda más a la salida. En algunos casos, puede ser deseable mantener el caudal de aire a un nivel (A) fijo durante el funcionamiento para mantener la estructura del chorro (que es típicamente más del 80% de aire en volumen) y evitar una dispersión inaceptable. Por tanto, puede ser deseable gestionar el flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo limitando el flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo o sustrayendo el flujo de aire del conducto de alimentación de abrasivo antes de llegar al cabezal de corte.

Además, para un conducto de alimentación de abrasivo relativamente largo como puede ser necesario en grandes sistemas de pórtico (como se muestran en la Figura 1), o en brazos robóticos, el flujo de aire será impedido por la fricción de la pared, y si se aumenta el área de la sección transversal del paso de alimentación para permitir más flujo de aire, la velocidad del flujo puede caer a un nivel que evite una condición robusta de flujo de abrasivo. Este es otro ejemplo donde puede ser deseable aire adicional para "reforzar" la condición de flujo dentro del conducto de alimentación de abrasivo.

A partir de la discusión anterior, puede apreciarse que controlar el caudal de aire a través de un conducto de alimentación de abrasivo puede ser deseable para mantener el flujo a una tasa deseada u óptima. Esto puede requerir agregar o reforzar el flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo durante el funcionamiento, y/o sustraer el flujo de aire del conducto de alimentación de abrasivo durante el funcionamiento antes de que alcance el cabezal de corte. Además, se apreciará que puede ser deseable eliminar, reducir, o aumentar el flujo de aire para afectar al rendimiento del chorro para ciertas operaciones de mecanizado o limpieza. Por ejemplo, el flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo puede manipularse para afectar a las características del chorro durante ciertos procedimientos de mecanizado, como, por ejemplo, durante la perforación inicial de una pieza de trabajo. El flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo también puede manipularse para limpiar o despejar el conducto después de que se detecte una condición de obstrucción.

A modo de antecedentes adicionales, la Figura 4 muestra un esquema del flujo de aire asociado a un sistema 100 de corte por chorro de agua abrasivo convencional. El flujo Q_i de aire es arrastrado hacia un conducto 102 de alimentación de abrasivo en una ubicación 104 aguas arriba de una válvula dosificadora 106 de un dispositivo 108 de almacenamiento de abrasivo como consecuencia del agua a alta presión que se mueve a través de un cabezal 101 de corte del sistema 100.

Durante el funcionamiento, la válvula dosificadora 106 permite que los abrasivos caigan en la trayectoria del flujo Q_i de aire que se mueve a través del conducto 102 de alimentación de abrasivo. También se arrastra algo de aire con los abrasivos, pero la cantidad es despreciable. El chorro de fluido, normalmente, arrastra todo el flujo Q_i de aire a menos que haya un dispositivo 110 de asistencia al vacío funcionando, como puede ser el caso durante las operaciones de perforación. Cuando el dispositivo 110 de asistencia al vacío está funcionando, parte del flujo Q_v de aire sale del cabezal 101 de corte hacia el dispositivo 110 de asistencia al vacío. En cualquier caso, la cantidad de flujo de aire arrastrado por el chorro de fluido durante el funcionamiento puede variar con el tiempo e impactar, negativamente, en el rendimiento del chorro.

Con referencia a la Figura 5, se proporciona un ejemplo de un sistema 200 de corte por chorro de agua abrasivo que incluye uno o más dispositivos para monitorizar el flujo de aire a través de un conducto 202 de alimentación de abrasivo en una o más ubicaciones y para sustraer, aliviar o ventilar cualquier cantidad de flujo de aire que no se desee que ingrese al cabezal 201 de corte. Esta sustracción puede ocurrir en una ubicación 204 aguas arriba de un dispositivo dosificador 206 de un dispositivo 208 de almacenamiento de abrasivo para alimentar abrasivos en el conducto 202 de alimentación de abrasivo, como se muestra en la realización de ejemplo de la Figura 5, o aguas abajo del dispositivo dosificador 206 pero por delante del cabezal 201 de corte. El caudal de aire se mide, continua o periódicamente, mediante uno o más sensores (no mostrados), como sensores de flujo de aire masivo (MAF) o sensores de flujo de aire volumétrico, incluyendo sensores de paletas móviles o sensores de hilo caliente, y un sistema de control asociado se configura para operar un dispositivo 212 de control del flujo de aire (p. ej., válvula de control del flujo de aire) en función, al menos en parte, de dichas mediciones para eliminar, aliviar o ventilar cualquier cantidad en exceso de flujo de aire del conducto 202 de alimentación abrasivo antes de llegar al cabezal 201 de corte. El uno o más sensores pueden estar situados en ubicaciones a lo largo del conducto de alimentación de abrasivo, o en ubicaciones en comunicación fluida, de otro modo, con el conducto de alimentación de abrasivo. De esta manera, la cantidad de flujo de aire que llega al cabezal 201 de corte puede mantenerse a un valor constante durante toda la operación a pesar del desgaste u otros factores que pueden, de otro modo, provocar un cambio en el caudal de aire en ausencia de dicha funcionalidad de control y monitorización del flujo de aire. En otros casos, la cantidad de flujo de aire puede cambiarse, dinámicamente, según se desee utilizando el control de retroalimentación de las mediciones del flujo de aire que pueden tomarse en una o más ubicaciones aguas arriba del cabezal 201 de corte.

Como se muestra además en la Figura 5, una fuente 210 de agua a alta presión está acoplada al cabezal 201 de corte para proporcionar agua a alta presión para generar el chorro de agua en el que se introducen abrasivos desde el dispositivo 208 de almacenamiento de abrasivo a través del conducto 202 de alimentación de abrasivo. También puede proporcionarse un dispositivo 214 de asistencia al vacío opcional, aguas abajo del cabezal 201 de corte para ayudar a arrastrar abrasivos hacia el cabezal 201 de corte a través del conducto 202 de alimentación de abrasivo. Puede proporcionarse una válvula 216 entre el dispositivo 214 de asistencia al vacío y el cabezal 201 de corte para permitir la activación y desactivación de la funcionalidad de asistencia al vacío. En otros casos, el dispositivo 214 de asistencia al vacío puede omitirse y el cabezal 201 de corte puede obstruirse, taparse u omitir de otro modo un puerto de asistencia al vacío que puede proporcionarse, de otro modo, para comunicarse con el dispositivo 214 de asistencia al vacío cuando se proporciona.

La Figura 6 ilustra otro ejemplo: de un sistema 300 de corte por chorro de agua abrasivo que incluye uno o más dispositivos para monitorizar el flujo de aire a través de un conducto 302 de alimentación de abrasivo en una o más ubicaciones y para sustraer cualquier cantidad de flujo de aire que no se desee que ingrese al cabezal 301 de corte. El sistema 300 de corte por chorro de agua incluye, entre otras cosas, un dispositivo 320 de medición del flujo de aire colocado a lo largo del conducto 302 de alimentación de abrasivo aguas arriba de un dispositivo 306 de medición de abrasivo de una fuente 308 de abrasivo que descarga partículas abrasivas en el conducto 302 de alimentación de abrasivo. El dispositivo 320 de medición del flujo de aire se controla, de forma ventajosa, con un bucle de retroalimentación para regular la cantidad de aire ambiente que se permite en el conducto 302 de alimentación de abrasivo para fluidificar los abrasivos para su transporte a una cámara 303 de mezcla del cabezal 301 de corte. El sistema puede incluir, por ejemplo, un dispositivo 322 de medición de la presión de tipo venturi colocado a lo largo del conducto 302 de alimentación de abrasivo aguas arriba del dispositivo 306 de medición de abrasivo, que proporciona una medición de presión diferencial a partir de la cual puede calcularse la cantidad de flujo de aire que se mueve a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo hacia el cabezal 301 de corte. Si el valor cambia, puede utilizarse una señal de retroalimentación del dispositivo 322 de medición de la caída de presión a través de un sistema 324 de control para controlar que el dispositivo 320 de medición del flujo de aire mantenga el caudal de aire que alcanza la cámara 303 de mezcla del cabezal 301 de corte sustancialmente constante, o a un valor deseado, a lo largo de, al menos, una parte de una operación de corte. El sistema 324 de control también puede controlar una bomba 326 para suministrar fluido a alta presión (p. ej., agua) al cabezal 301 de corte para generar el chorro de fluido abrasivo. En algunos casos, el caudal de aire puede mantenerse a un $\pm 10\%$ del valor predeterminado. En otros casos, el caudal de aire puede mantenerse a un $\pm 5\%$ del valor predeterminado. Pueden utilizarse otros dispositivos de medición del flujo de aire como, por ejemplo, un anemómetro de hilo caliente para proporcionar dicha funcionalidad de retroalimentación del flujo de aire.

Una ventaja del sistema mencionado anteriormente incluye la capacidad de ajustar, automáticamente, el flujo de aire a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo en función de diferentes parámetros del cabezal de corte (p. ej., tamaño del miembro de orificio, tamaño del tubo de mezcla, presión de funcionamiento) de manera que la cantidad de aire que se permite que ingrese a la cámara 303 de mezcla se adapta a cada configuración del cabezal 301 de corte y a cada presión de funcionamiento del sistema 300. Para este propósito, puede proporcionarse una base de datos, y el sistema 324 de control puede configurarse para ajustar el caudal de aire a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo en función de los datos obtenidos de la base de datos, que correlacionan cada configuración del cabezal de corte y cada presión de funcionamiento con un caudal o caudales de aire deseados u óptimos. En algunos casos, el sistema 324 de control puede recibir una o más indicaciones de los parámetros del cabezal de corte de un usuario del sistema, como, por ejemplo, indicaciones proporcionadas por un usuario a través de una interfaz de usuario del sistema 324 de control. En otros casos, el sistema 324 de control puede configurarse para determinar, automáticamente, los parámetros del cabezal de corte, por ejemplo, detectando el tamaño del miembro de orificio, el tamaño del tubo de mezcla y/o la presión de funcionamiento. De esta manera, el cabezal 301 de corte puede reconfigurarse, convenientemente, por ejemplo, con un tubo de mezcla y/o un miembro de orificio diferentes, y el sistema 324 de control puede ajustar el flujo de aire a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo en consecuencia, para optimizar el flujo de aire que ingresa a la cámara 303 de mezcla para una configuración del cabezal de corte que tiene los componentes recién instalados.

Otra ventaja del sistema mencionado anteriormente incluye la capacidad de seguir la velocidad del aire que se mueve a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo y que ingresa a la cámara 303 de mezcla como un indicador de la salud de la condición del flujo de aire. Por ejemplo, al mantener el flujo volumétrico de aire sustancialmente constante a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo, las restricciones u obstrucciones en dicho conducto darán como resultado velocidades de flujo más altas que pueden evaluarse monitorizando dicha velocidad de flujo para dichos cambios.

Otra ventaja es mantener un volumen constante de aire que se permite mezclar con el chorro de agua para proporcionar una calidad de chorro consistente en términos de, por ejemplo, coherencia y/o composición.

Otra ventaja es la capacidad de determinar si el cabezal 301 de corte está cerca de obstruirse u obstruido dependiendo de una caída repentina o dramática en el caudal volumétrico del aire que se está arrastrando hacia el conducto 302 de alimentación de abrasivo. Esto puede estar ligado al sistema 324 de control de manera que el sistema 324 de control pueda cerrar la válvula de encendido/apagado que puede utilizarse para controlar el suministro de fluido a alta presión para generar el chorro de fluido y apagar el sistema 300 hasta que pueda evaluarse y eliminarse el atasco.

5 Otra ventaja es que el sistema 324 de control puede configurarse para llevar a cabo una comprobación diagnóstica al inicio para determinar si la velocidad del aire que se mueve a través del conducto 324 de alimentación de abrasivo ha cambiado, lo que puede ser indicativo de cambios en la configuración del corte, como, por ejemplo, cambios en el miembro de orificio, en el tubo de mezcla, en la longitud del conducto de alimentación de abrasivo (p. ej., manguera de alimentación) entre la fuente 308 de abrasivo y el cabezal 301 de corte, y/o en el área de sección transversal del conducto 302 de alimentación de abrasivo. La operación posterior puede entonces tener en cuenta cualquiera de dichos cambios en el sistema.

10 Otra ventaja es que el sistema 300 puede configurarse para seguir el cambio de velocidad del aire a lo largo de la vida útil del cabezal 301 de corte y recomendar cambiar uno o más componentes del cabezal de corte (p. ej., miembro de orificio, tubo de mezcla) o el cabezal de corte completamente, en función de ecuaciones optimizadas de vida útil del cabezal de corte.

15 Otra ventaja es que el flujo de aire a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo puede controlarse a un valor o valores particulares utilizando control de retroalimentación durante ciertas operaciones de proceso que pueden beneficiarse de un chorro de agua abrasivo que no está optimizado para el corte. Por ejemplo, en algunos casos, puede proporcionarse más flujo de aire para difundir, temporalmente, el chorro de fluido abrasivo durante la perforación u otras operaciones. En algunos casos, el flujo de aire puede mantenerse constante a un valor elevado a lo largo de una operación de perforación. En otros casos, el flujo de aire puede variar a lo largo de la operación de perforación, y puede aumentar hacia un caudal de aire de corte para el corte posterior después de que esté completa o casi completa la perforación.

20 Otra ventaja más es que para aplicaciones de corte por chorro de agua donde se modifica la orientación del chorro a lo largo de la trayectoria de corte, para el control de la conicidad, el corte del ángulo de avance y/o el control de las esquinas, la potencia de corte del chorro puede ajustarse, adecuadamente, utilizando la funcionalidad de control de la mezcla de aire abrasivo con el fin de lograr una superficie consistente en la pieza de trabajo cortada por chorro de agua y optimizar el tiempo de ciclo. De esta manera, la cantidad de flujo de aire a través del conducto 302 de alimentación de abrasivo puede cambiarse, dinámicamente en función, al menos en parte, de uno o más parámetros de la operación de corte (p. ej., velocidad de corte, ángulo de avance, ángulo del cono).

25 Los expertos en la técnica relevante apreciarán ventajas adicionales tras una revisión detallada de la presente descripción.

30 Como se ha indicado previamente, y con referencia a la Figura 7, puede ser ventajoso, en algunos casos, sustraer el flujo de aire que se mueve a través de un conducto 402 de alimentación de abrasivo antes de que alcance un cabezal 401 de corte de un sistema 400 de corte por chorro de agua, como, por ejemplo, sustrayendo o retirando flujo de aire en una ubicación 405 aguas abajo de un dispositivo 406 dosificador de abrasivo de una fuente 408 de abrasivos y aguas arriba del cabezal 401 de corte, de manera que se controle la cantidad de flujo de aire que ingresa al cabezal 401 de corte.

35 Según la invención, el dispositivo para sustraer flujo de aire es un dispositivo 420 de succión, como, por ejemplo, una bomba de vacío, que está en comunicación fluida con el conducto 402 de alimentación de abrasivo aguas arriba del cabezal 401 de corte. Cuando se proporciona, el dispositivo 420 de succión puede utilizarse para retirar una cantidad deseada de aire δ . Un ejemplo de un dispositivo 420 de succión adecuado es una bomba de vacío proporcionada en forma de una bomba de chorro que utiliza un chorro de aire para generar succión. En este caso, una cierta cantidad de aire primario (Q_{iv}) puede ser suministrada al dispositivo 420 de succión para retirar una cierta cantidad de aire secundario δ del conducto 402 de alimentación de abrasivo. Esto puede regularse de manera que un flujo (Q_i) de aire deseado que ingresa a la cámara de mezcla del cabezal 401 de corte permanezca constante o sustancialmente constante (p. ej., $\pm 10\%$ del valor deseado o $\pm 5\%$ del valor deseado).

40 Como se muestra además en la Figura 7, una fuente 410 de agua a alta presión está acoplada al cabezal 401 de corte para proporcionar agua a alta presión para generar el chorro de agua en el que se introducen abrasivos desde el dispositivo 408 de almacenamiento de abrasivo a través del conducto 402 de alimentación de abrasivo. También puede proporcionarse un dispositivo 414 de asistencia al vacío opcional, aguas abajo del cabezal 401 de corte para ayudar a arrastrar abrasivos hacia el cabezal 401 de corte a través del conducto 402 de alimentación de abrasivo. Puede proporcionarse una válvula 416 entre el dispositivo 414 de asistencia al vacío y el cabezal 201 de corte para permitir la activación y desactivación de la funcionalidad de asistencia al vacío. En otros casos, el dispositivo 414 de asistencia al vacío puede omitirse y el cabezal 401 de corte puede obstruirse, taparse u omitir de otro modo un puerto de asistencia al vacío que puede proporcionarse, de otro modo, para comunicarse con el dispositivo 414 de asistencia al vacío cuando se proporciona.

45 Las Figuras 8A y 8B ilustran un sistema 500 en el que está conectado un dispositivo 520 de succión (p. ej., una bomba de vacío de tipo bomba de chorro) a un conducto 502 de alimentación de abrasivo aguas arriba de un cabezal 501 de corte. En algunos casos, puede ser deseable que no ingrese aire, o que no ingrese casi nada de aire, al cabezal 501 de corte, y la realización ilustrada puede proporcionar dicha funcionalidad. En otros casos, puede ser deseable que el caudal de aire a través del conducto 502 de alimentación de abrasivo disminuya simplemente a un nivel inferior antes de ingresar al cabezal 501 de corte. En cada caso, puede utilizarse un caudal de aire más alto para llevar abrasivos

5 hacia el cabezal 501 de corte, y después puede retirarse flujo de aire antes de ingresar al cabezal 501 de corte. El momento de los abrasivos los llevará al cabezal 501 de corte si el dispositivo (p. ej., el accesorio 521 y el dispositivo 520 de succión asociado) para retirar el flujo de aire antes del cabezal 501 de corte, está diseñado de manera que solo elimine aire del conducto 502 de alimentación de abrasivo, y no los abrasivos. Como se muestra en las Figuras 8A y 8B, esto puede incluir un accesorio que está dispuesto para retirar aire del conducto 502 de alimentación de abrasivo a través de uno o más pasajes 522 que están orientados perpendicularmente a, o en un ángulo inverso con respecto a, la dirección de flujo a través del conducto 502 de alimentación de abrasivo.

10 Como puede apreciarse de la Figura 8B, el accesorio 521 puede incluir un componente central 523 que tiene uno o más pasajes 522 para retirar aire del conducto 502 de alimentación de abrasivo y un componente 524 de manguito que rodea el componente central 523 para definir una cámara anular 525 en comunicación fluida con el uno o más pasajes 522 y un conducto 526 que está acoplado al dispositivo 520 de succión asociado. El accesorio 521 puede estar acoplado, directamente, al cabezal 501 de corte o puede estar colocado en una ubicación intermedia a lo largo del conducto 502 de alimentación de abrasivo entre el dispositivo 506 dosificador de abrasivo y el cabezal 501 de corte.

15 Según otras realizaciones, si el caudal de aire a través de un conducto de alimentación de abrasivo no es suficiente para llevar los abrasivos al cabezal de corte, como puede ser el caso en líneas de alimentación relativamente largas o cuando se forman chorros de menor diámetro a presiones más bajas, puede utilizarse alimentación de aire positiva para complementar el flujo de aire que surge del chorro que pasa a través del cabezal de corte. Según la invención, se utiliza un refuerzo 630 en línea para mejorar el caudal de aire, como se muestra en la Figura 9. Con referencia a la
 20 Figura 9, Q_{i1} es el caudal de aire sin un refuerzo, y, con un refuerzo 630, el caudal se convierte en $Q_{i1} + Q_{i2}$. Sin embargo, el caudal mejorado no debe exceder un cierto límite, ya que la velocidad del flujo de aire aumentará, dando como resultado tasas de desgaste más rápidas en el conducto 602 de alimentación de abrasivo. En consecuencia, puede utilizarse una cantidad óptima de refuerzo en función de varios factores como la longitud del conducto 602 de alimentación de abrasivo, el área de sección transversal del conducto 602 de alimentación de abrasivo, y el caudal de abrasivos suministrados por un almacenamiento 608 de abrasivo a través de un dispositivo 606 dosificador de
 25 abrasivo.

30 Como se muestra en la Figura 9, y de acuerdo con algunas realizaciones, la retirada de flujo de aire del conducto 602 de alimentación de abrasivo aguas arriba de un cabezal 601 de corte, y el refuerzo del flujo de aire a través del conducto 602 de alimentación de abrasivo, pueden utilizarse al unísono. Por tanto, en algunos casos, el flujo de aire que surge del agua a alta presión suministrada por una fuente 610 de agua a alta presión que se mueve a través del cabezal 601 de corte puede complementarse con un flujo de aire de un dispositivo 630 de refuerzo del flujo de aire (p. ej., fuente de aire presurizado), y luego el flujo de aire que se mueve a través del conducto 602 de alimentación de abrasivo puede reducirse antes de ingresar al cabezal 601 de corte retirando aire del conducto 602 de alimentación de abrasivo con un dispositivo 620 de succión. Para ayudar a controlar o manipular la cantidad de aire que llega al
 35 cabezal 601 de corte, pueden proporcionarse uno o más dispositivos 622, 632 de medición de aire para medir la cantidad de flujo de aire que ingresa y/o que sale del conducto 602 de alimentación de abrasivo.

40 Con referencia a las Figuras 10A y 10B, un refuerzo 730 de flujo (o "módulo de asistencia al abrasivo") puede estar acoplado a un conducto 702 de alimentación de abrasivo justo aguas abajo de una válvula 706 dosificadora de abrasivo de una fuente 708 de abrasivo o en una ubicación intermedia en el conducto 702 de alimentación de abrasivo. El refuerzo 730 de flujo puede incluir un dispositivo, como un accesorio 731, a través del cual tanto el abrasivo como el aire pasan en el camino hacia el cabezal 701 de corte. Puede aplicarse una presión de aire positiva al refuerzo 730 de flujo mediante una fuente 732 de aire presurizado de manera que la columna de aire en el conducto 702 de alimentación de abrasivo y los abrasivos se aceleran mediante uno o más chorros de aire generados por el refuerzo 730 de flujo. El(los) chorro(s) de aire está(n) orientado(s), preferentemente, con un componente direccional del mismo
 45 alineado en la dirección de desplazamiento (p. ej., el(los) chorro(s) de aire está(n) orientado(s) de 0 a 90 grados con respecto a la dirección de desplazamiento de los abrasivos a través del conducto 702 de alimentación de abrasivo). El refuerzo 730 de flujo puede así aumentar el contenido de aire en el conducto 702 de alimentación de abrasivo. En algunos casos, dicho aumento en el contenido de aire podría afectar a la calidad del chorro si no se retirase antes de llegar al cabezal 701 de corte. Por ejemplo, un flujo de aire aumentado puede conducir a una interrupción del chorro.

50 En consecuencia, en algunos casos, un dispositivo de succión (p. ej., el dispositivo 520 de succión de las Figuras 8A y 8B) puede estar acoplado al conducto 702 de alimentación de abrasivo aguas arriba del cabezal 701 de corte, pero aguas abajo del refuerzo 730 de flujo, y puede utilizarse para aspirar un vacío en un accesorio de aire asociado (p. ej., el accesorio 521 mostrado en las Figuras 8A y 8B). La orientación de los pasajes 522 de retirada de flujo de aire con relación a la dirección de desplazamiento del abrasivo es importante, ya que el objetivo es controlar, reducir, o eliminar el flujo de aire que pasa a través del accesorio sin interrumpir el suministro de abrasivos al cabezal 701 de corte. Por tanto, es importante no recoger los abrasivos cuando se retira el flujo de aire del conducto de alimentación de abrasivo con el dispositivo 520 de succión. A este respecto, el sistema se beneficia del hecho de que los abrasivos son mucho más densos que el aire, y por tanto viajan con un momento más alto, si la velocidad es la misma. Las pruebas han
 55 mostrado que si los pasajes 522 de retirada de flujo de aire están orientados entre 90 y 180 grados a partir de la dirección de desplazamiento del abrasivo (véase, p. ej., la Figura 8B en la que los puertos de retirada de flujo de aire están orientados a 120 grados a partir de la dirección de desplazamiento del abrasivo) ese flujo de aire puede ser retirado sin recoger una cantidad significativa de abrasivos. El accesorio 521 asociado al dispositivo 520 de succión,
 60

o a componentes del mismo, que está en contacto con partículas abrasivas que se desplazan hasta el cabezal de corte, puede estar hecho de un material resistente al desgaste, como, por ejemplo, carburo, para mejorar la vida útil de dichos componentes. El accesorio 731 asociado al dispositivo 730 de refuerzo, o a componentes del mismo, que está en contacto con partículas abrasivas que se desplazan hasta el cabezal 701 de corte, también puede estar hecho de un material resistente al desgaste, como, por ejemplo, carburo.

Como puede apreciarse de la Figura 10B, el accesorio 731 asociado al dispositivo 730 de refuerzo puede incluir un componente central 733 que tiene uno o más pasajes 734 para retirar aire del conducto 702 de alimentación de abrasivo, un componente 735 de manguito que rodea el componente central 733 para definir una cámara anular 736 en comunicación fluida con el uno o más pasajes 734, y un conducto 737 que está acoplado a la fuente 732 de aire presurizado del dispositivo 730 de refuerzo.

En relación con las realizaciones descritas en la presente memoria, serán necesarias mediciones del flujo de aire que entra y sale del conducto de alimentación de abrasivo si el objetivo no es eliminar el flujo de aire por completo y, en su lugar, suministrar una cantidad deseada de aire al cabezal de corte. En consecuencia, el aire introducido por el dispositivo 730 de refuerzo del flujo puede medirse con un sensor o dispositivo adecuado (no mostrado), y el aire retirado por el dispositivo 520 de succión puede medirse con un sensor o dispositivo adecuado (no mostrado) para mantener una cantidad conocida de aire que ingresa al cabezal 601 de corte, que puede controlarse para que permanezca constante, o sustancialmente constante, o que puede controlarse de otras maneras, utilizando metodología de control de la retroalimentación.

Según algunas realizaciones, también pueden proporcionarse uno o más sensores de las características del aire para recopilar datos de temperatura del aire y/o de humedad del aire, ya que las mediciones del flujo de aire pueden verse afectadas por los mismos. Los sistemas descritos en la presente memoria pueden entonces tener en cuenta dichos datos de temperatura del aire y/o de humedad del aire en el control del flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo.

De acuerdo con aspectos y características de los diversos sistemas mostrados y descritos con referencia a las realizaciones de ejemplo de las Figuras 7 a 10B, pueden proporcionarse diversos métodos relacionados para operar un sistema de corte por chorro de fluido abrasivo. Dichos métodos pueden incluir, por ejemplo, medir, continua o periódicamente, a lo largo de, al menos, una parte de una operación de procesamiento durante la cual se descarga un chorro de agua abrasivo desde un cabezal de corte por chorro de agua abrasivo, el caudal del aire que se mueve a través de un conducto de alimentación de abrasivo en una o más ubicaciones de medición, y ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo en función, al menos en parte, de dicha medición.

Ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir ajustar el caudal de manera que el caudal de aire introducido en el cabezal de corte por chorro de agua abrasivo, que se mezcla con el agua a alta presión y el material abrasivo del chorro de agua abrasivo, sea constante, o sustancialmente constante. En algunos casos, por ejemplo, el caudal puede ajustarse de manera que el caudal de aire introducido en el cabezal de corte por chorro de agua abrasivo, que se mezcla con el agua a alta presión y el material abrasivo del chorro de agua abrasivo, se mantenga a un $\pm 5\%$ del valor predeterminado. En otros casos, el agua a alta presión y el material abrasivo del chorro de agua abrasivo pueden mantenerse a un $\pm 10\%$ del valor predeterminado.

La medición, continua o periódicamente, del caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo, en la una o más ubicaciones de medición, puede incluir medir el caudal en una ubicación del conducto de alimentación de abrasivo aguas arriba de una ubicación de alimentación de material abrasivo donde el material abrasivo ingresa al conducto de alimentación de abrasivo desde la fuente de material abrasivo, y ajustar el caudal de aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir introducir aire en el conducto de alimentación de abrasivo en una ubicación de refuerzo del flujo que está aguas abajo de la ubicación de alimentación de material abrasivo, pero aguas arriba de una entrada de material abrasivo del cabezal de corte por chorro de agua abrasivo. Ajustar el caudal de aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir, además, o incluir alternativamente, retirar aire del conducto de alimentación de abrasivo en una ubicación de descarga del flujo aguas arriba de la entrada de material abrasivo del cabezal de corte por chorro de agua abrasivo. Introducir aire en el conducto de alimentación de abrasivo en la ubicación de refuerzo del flujo puede incluir dirigir aire a una presión positiva al conducto de alimentación de abrasivo en una dirección que tiene un componente alineado con la dirección de desplazamiento del material abrasivo que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo. En algunos casos, los métodos pueden incluir además medir un caudal del aire introducido en el conducto de alimentación de abrasivo en la ubicación de refuerzo del flujo, y ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo en función, al menos en parte, de dichas mediciones.

En algunos casos, ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir retirar aire del conducto de alimentación de abrasivo en una ubicación de descarga del flujo aguas abajo de una ubicación de alimentación de material abrasivo, donde el material abrasivo ingresa al conducto de alimentación de abrasivo desde la fuente de material abrasivo y aguas arriba de una entrada de material abrasivo del cabezal de corte por chorro de agua abrasivo. Además, la retirada de aire del conducto de alimentación de abrasivo en la ubicación de descarga del flujo puede incluir retirar aire en una dirección que tiene un componente alineado opuesto a la dirección de desplazamiento del material abrasivo que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo. Los

5 métodos pueden incluir además medir un caudal del aire retirado del conducto de alimentación de abrasivo a través de la ubicación de descarga del flujo, y ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo en función, al menos en parte, de dichas mediciones. La ubicación de descarga del flujo puede proporcionarse cerca de la entrada de material abrasivo del cabezal de corte por chorro de agua abrasivo, de manera que el momento del material abrasivo transportado por el aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo sea suficiente para transportar el material abrasivo a una cámara de mezcla del cabezal de corte por chorro de agua abrasivo a pesar de la retirada del aire en la ubicación de descarga del flujo.

10 En algunos casos, ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir ajustar el caudal durante una operación de perforación de material para que sea mayor que el de una operación de corte de material posterior.

15 En algunos casos, los métodos pueden incluir además determinar un caudal de aire deseado en función de uno o más parámetros de funcionamiento del sistema de corte por chorro de agua abrasivo, y ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo para coincidir, aproximadamente, con el caudal de aire deseado. El uno o más parámetros de funcionamiento pueden incluir, por ejemplo, una presión de funcionamiento; un tamaño de orificio de una unidad de orificio utilizada para generar el chorro de agua abrasivo; y una o más características dimensionales de una boquilla o tubo de mezcla a través del cual se descarga el chorro de agua abrasivo desde el sistema de corte por chorro de agua abrasivo.

20 En algunos casos, los métodos pueden incluir además obtener datos del flujo de aire (velocidad del aire) asociados al flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo, y en función, al menos en parte, de dichos datos del flujo de aire, determinar un cambio en la condición de uno o más componentes del sistema de corte por chorro de agua abrasivo. En dichos casos, los métodos pueden incluir además proporcionar a un usuario una o más indicaciones (p. ej., alarmas audibles o visuales) asociadas al cambio en la condición del uno o más componentes del sistema de corte por chorro de agua abrasivo. De esta manera, el sistema puede solicitar a un usuario u operador que cambie un componente del sistema de corte a medida que se aproxima al final de su vida útil.

25 En algunos casos, los métodos pueden incluir además monitorizar datos del flujo de aire asociados al flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo para identificar un evento de obstrucción en función de un cambio sustancial en el caudal volumétrico del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo. De esta manera, el sistema puede apagar, temporalmente, el sistema y solicitar a un usuario u operador que inspeccione el conducto de alimentación de abrasivo y elimine cualquier obstrucción en el mismo. Según algunas realizaciones, el método puede incluir además iniciar una secuencia de lavado en la que se lava el conducto de alimentación de abrasivo con un fluido para eliminar obstrucciones.

30 En algunos casos, ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir ajustar el caudal, durante una o más operaciones de procesamiento de material o de la superficie de trabajo, para que sea mayor que el caudal volumétrico durante una operación de corte de material para difundir el chorro durante dichas una o más operaciones de procesamiento de material o de la superficie de trabajo. Esto puede incluir, por ejemplo, difundir el chorro durante una operación de perforación de material utilizando un caudal de aire relativamente mayor.

35 En algunos casos, los métodos pueden incluir además, durante, al menos, la parte de la operación de procesamiento, manipular el cabezal de corte por chorro de agua abrasivo en el espacio para cambiar la orientación del chorro de agua abrasivo descargado desde el cabezal de corte por chorro de agua abrasivo, y ajustar el caudal volumétrico del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo puede incluir ajustar el caudal volumétrico en función, al menos en parte, de la orientación del chorro de agua abrasivo descargado desde el cabezal de corte por chorro de agua abrasivo. De esta manera, la coherencia o composición del chorro puede cambiarse, dinámicamente, en coordinación con la orientación del cabezal de corte.

40 En algunos casos, los métodos pueden incluir además obtener datos de temperatura del aire y/o datos de humedad del aire, y ajustar el caudal del aire que se mueve a través del conducto de alimentación de abrasivo en función, al menos en parte, de dichos datos de temperatura del aire y/o dichos datos de humedad del aire. De esta manera, el flujo de aire a través del conducto de alimentación de abrasivo puede ajustarse para tener en cuenta las condiciones locales de temperatura y/o humedad. En algunas realizaciones, los métodos también pueden incluir obtener datos de presión del aire.

45 En algunos casos, los métodos pueden incluir medir y controlar el caudal volumétrico del aire a través del conducto de flujo abrasivo. En otros casos, los métodos pueden incluir medir y controlar el caudal másico del aire a través del conducto de alimentación de abrasivo.

50 Otras metodologías ventajosas asociadas al funcionamiento de un sistema de corte por chorro de fluido abrasivo serán fácilmente apreciadas por los expertos en la técnica relevante tras una revisión detallada de la presente descripción, que incluye los sistemas de gestión del aire descritos en la presente memoria.

Aunque los aspectos y características de las diversas realizaciones descritas anteriormente se describen en el contexto de sistemas y componentes de chorro de agua abrasivo, se aprecia que los aspectos pueden ser aplicables a otros sistemas de chorro de fluido a alta presión.

REIVINDICACIONES

Lo que se reivindica es:

1. Un sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo, que comprende:

una fuente (84) de fluido a alta presión;

5 una fuente (54) de material abrasivo;

un cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo configurado para generar un chorro de fluido abrasivo a partir de agua a alta presión suministrada por la fuente (84) de fluido a alta presión y de material abrasivo suministrado por la fuente (54) de material abrasivo, incluyendo el cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo una cámara (78) de mezcla y una entrada (52) de material abrasivo a través de la cual se suministra el material abrasivo a la cámara (78) de mezcla del cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo;

10 un conducto (56) de alimentación de abrasivo en comunicación fluida con la entrada (52) de material abrasivo del cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo, incluyendo el conducto (56) de alimentación de abrasivo una ubicación de alimentación de material abrasivo a través de la cual se alimenta el material abrasivo de la fuente (54) de material abrasivo en el conducto (56) de alimentación de abrasivo para suministrarlo al cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo;

un sensor de flujo de aire colocado para medir el caudal volumétrico del aire que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo en una ubicación de medición;

un dispositivo (212) de control del flujo de aire configurado para controlar el flujo del aire que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo; y

20 un sistema de control acoplado, de forma comunicativa, al sensor de flujo de aire y al dispositivo (212) de control del flujo de aire, estando configurado el sistema de control para medir, continua o periódicamente, a lo largo de, al menos, una parte de una operación de procesamiento durante la cual se descarga el chorro de agua abrasivo desde el cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo, el caudal volumétrico del aire que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo en la ubicación de medición a través del sensor de flujo de aire, y para ajustar el caudal volumétrico del aire que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo a través del dispositivo (212) de control del flujo de aire en función, al menos en parte, de dicha medición del caudal volumétrico del aire que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo en la ubicación de medición;

caracterizado por que el sistema de corte comprende además uno cualquiera de:

30 un dispositivo (630) de refuerzo del flujo de aire acoplado al conducto (56) de alimentación de abrasivo en una ubicación de refuerzo del flujo de aire aguas abajo de la ubicación de alimentación de material abrasivo y aguas arriba de la entrada (52) de material abrasivo del cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo; o

un dispositivo (420) de succión de flujo de aire acoplado al conducto (56) de alimentación de abrasivo en una ubicación de descarga del flujo aguas abajo de la ubicación de alimentación de material abrasivo y aguas arriba de la entrada (52) de material abrasivo del cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo; o

35 tanto el dispositivo (630) de refuerzo del flujo de aire como el dispositivo (420) de succión de flujo de aire, en donde la ubicación de descarga del flujo está aguas abajo de la ubicación de refuerzo del flujo.

2. El sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo de la reivindicación 1, en donde la ubicación de medición está aguas arriba de la ubicación de alimentación de material abrasivo.

40 3. El sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo de la reivindicación 1, en donde el dispositivo (630) de refuerzo del flujo de aire está acoplado al conducto (56) de alimentación de abrasivo para dirigir el aire hacia el conducto (56) de alimentación de abrasivo en una dirección que tiene un componente alineado con una dirección de desplazamiento del material abrasivo que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo.

4. El sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo de la reivindicación 1, que comprende, además:

45 un sensor de flujo de aire suplementario colocado para medir el caudal volumétrico del aire introducido en el conducto (56) de alimentación de abrasivo mediante el dispositivo (630) de refuerzo del flujo de aire en la ubicación de refuerzo del flujo de aire.

50 5. El sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo de la reivindicación 1, en donde el dispositivo (420) de succión de flujo de aire está acoplado al conducto (56) de alimentación de abrasivo para retirar aire en una dirección que tiene un componente alineado opuesto a una dirección de desplazamiento del material abrasivo que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo.

6. El sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo de la reivindicación 1, que comprende, además:

un sensor de flujo de aire suplementario colocado para medir el caudal volumétrico del aire retirado del conducto (56) de alimentación de abrasivo por el dispositivo (420) de succión de flujo de aire en la ubicación de descarga del flujo.

5 7. El sistema (10) de corte por chorro de fluido abrasivo de la reivindicación 1, en donde la ubicación de descarga del flujo se proporciona cerca de la entrada (52) de material abrasivo del cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo de tal manera que el momento del material abrasivo transportado por el aire que se mueve a través del conducto (56) de alimentación de abrasivo sea suficiente para transportar el material abrasivo hacia la cámara (78) de mezcla del cabezal (50) de corte por chorro de fluido abrasivo a pesar de la retirada de aire mediante el dispositivo (420) de succión de flujo de aire en la ubicación de descarga del flujo.

10

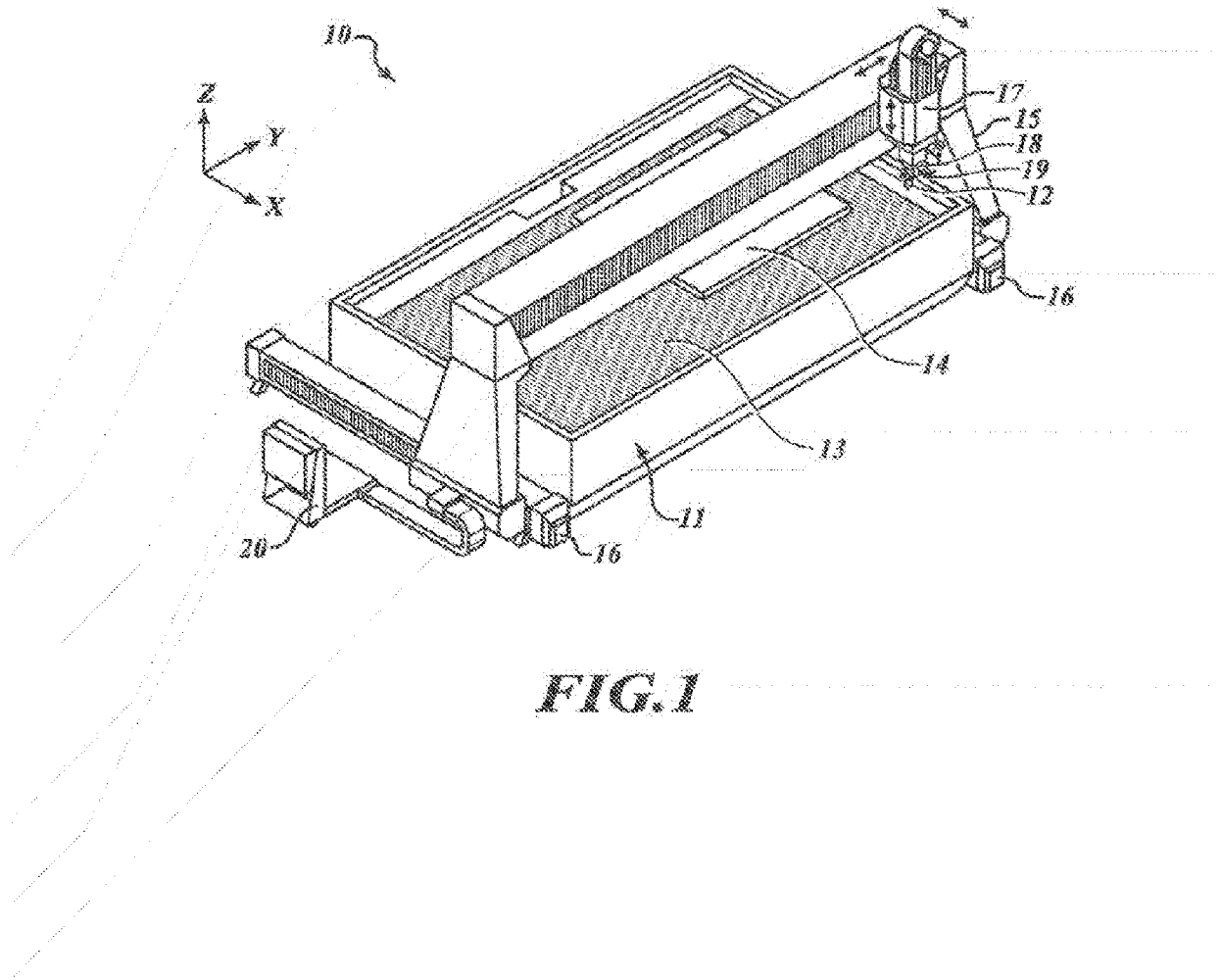


FIG. 1

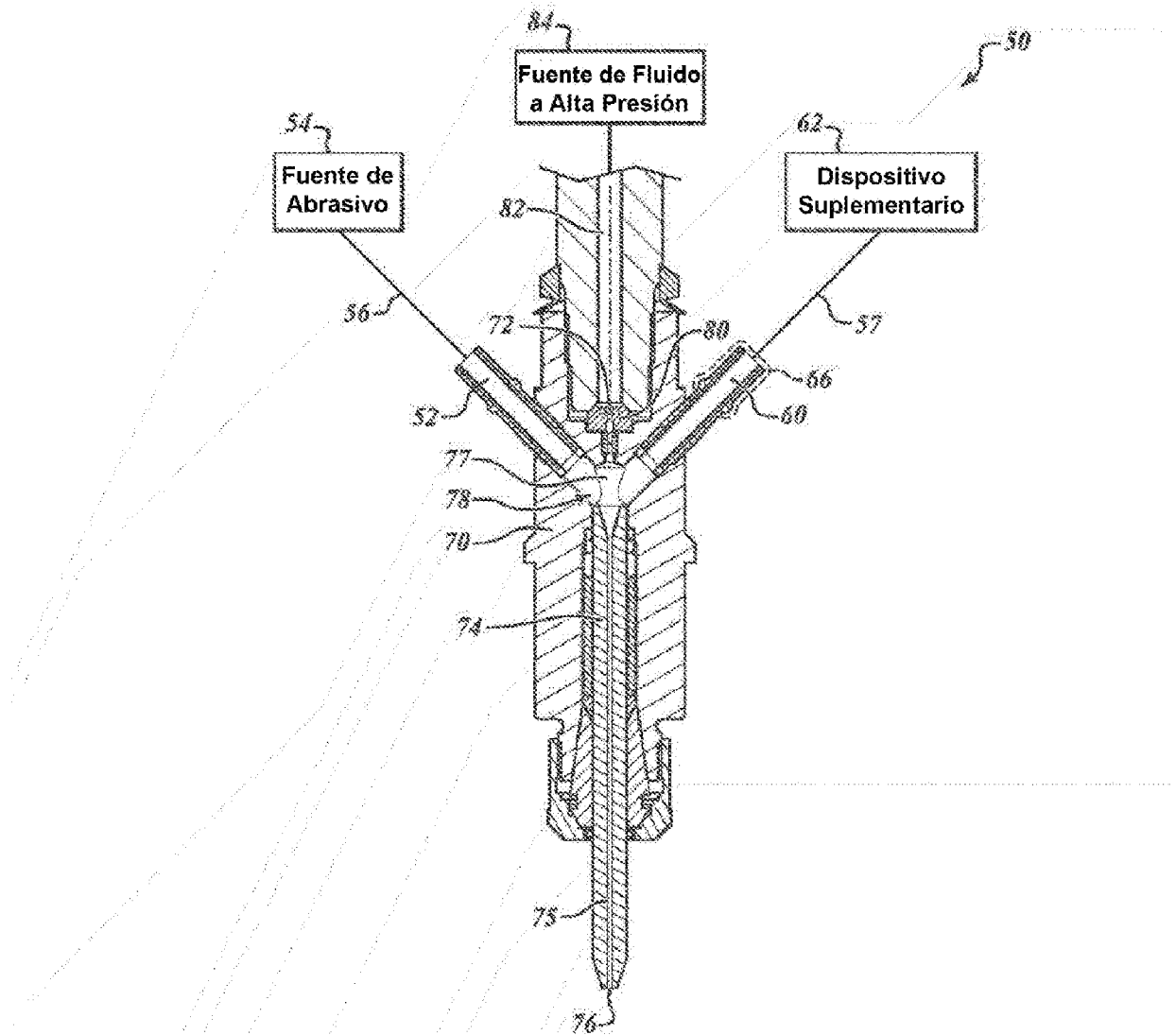


FIG.2

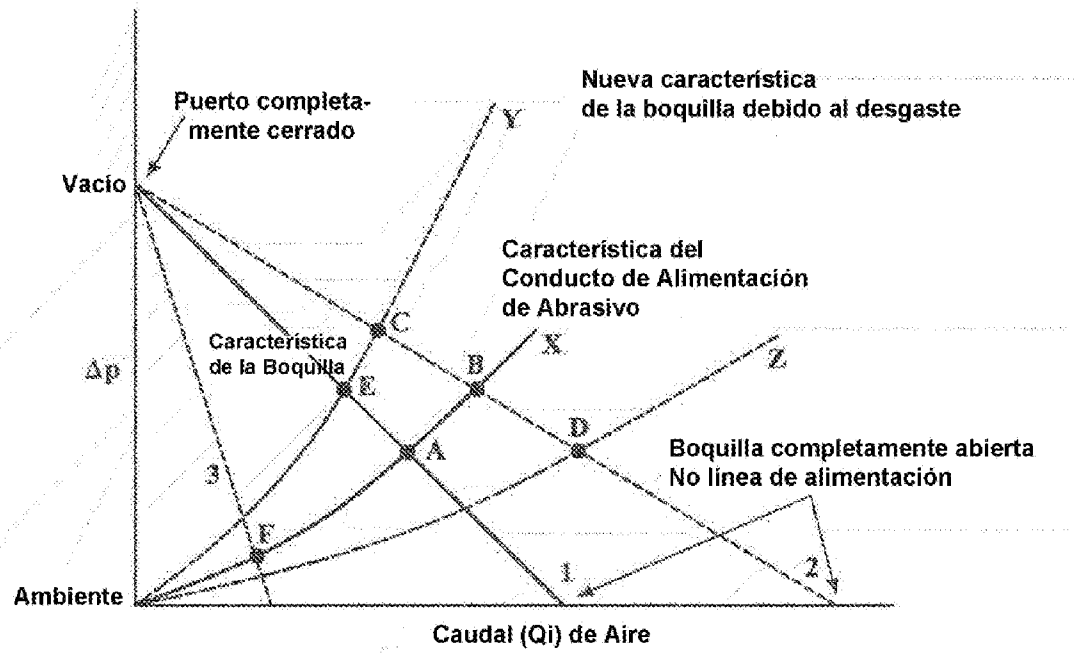


FIG.3

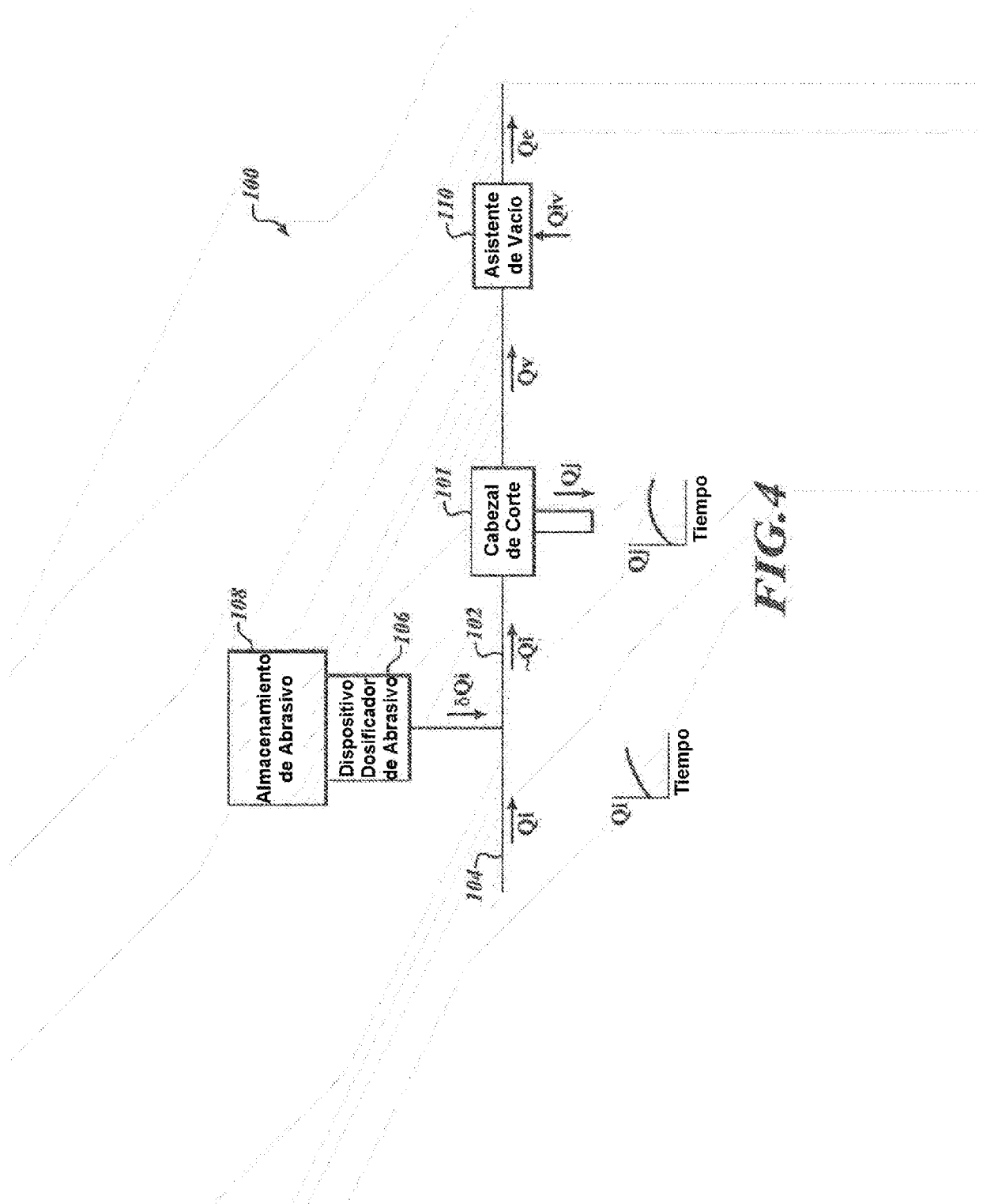


FIG. 4

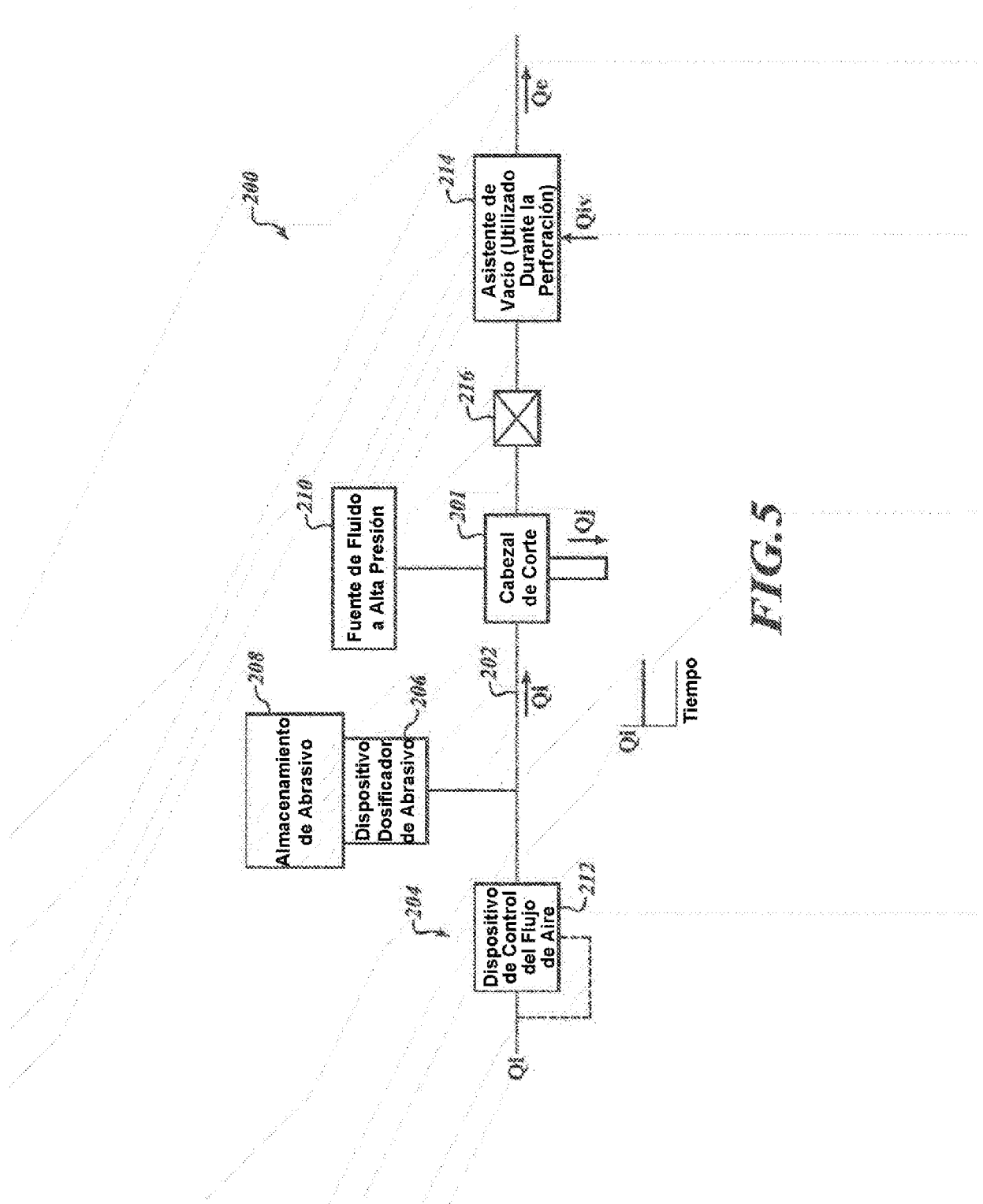


FIG. 5

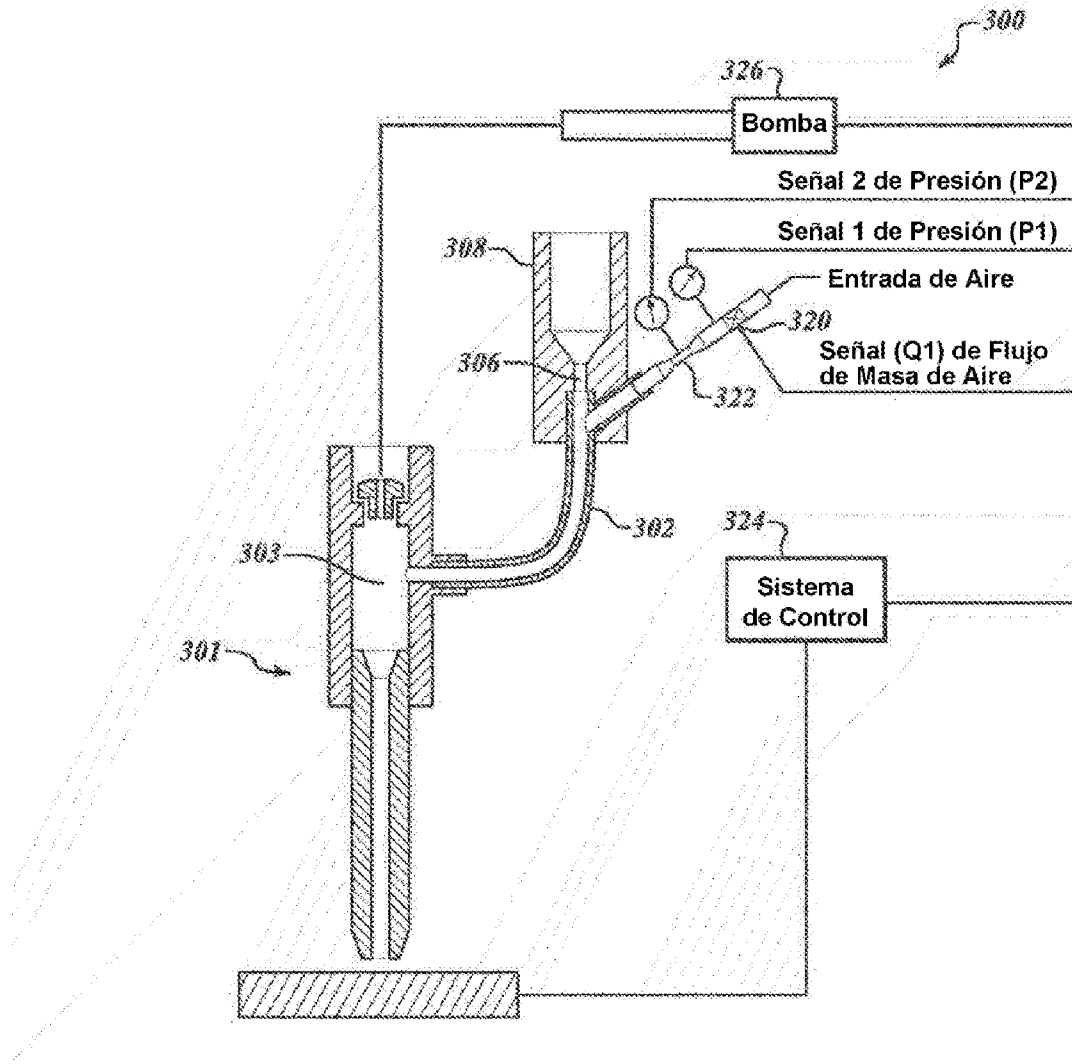


FIG. 6

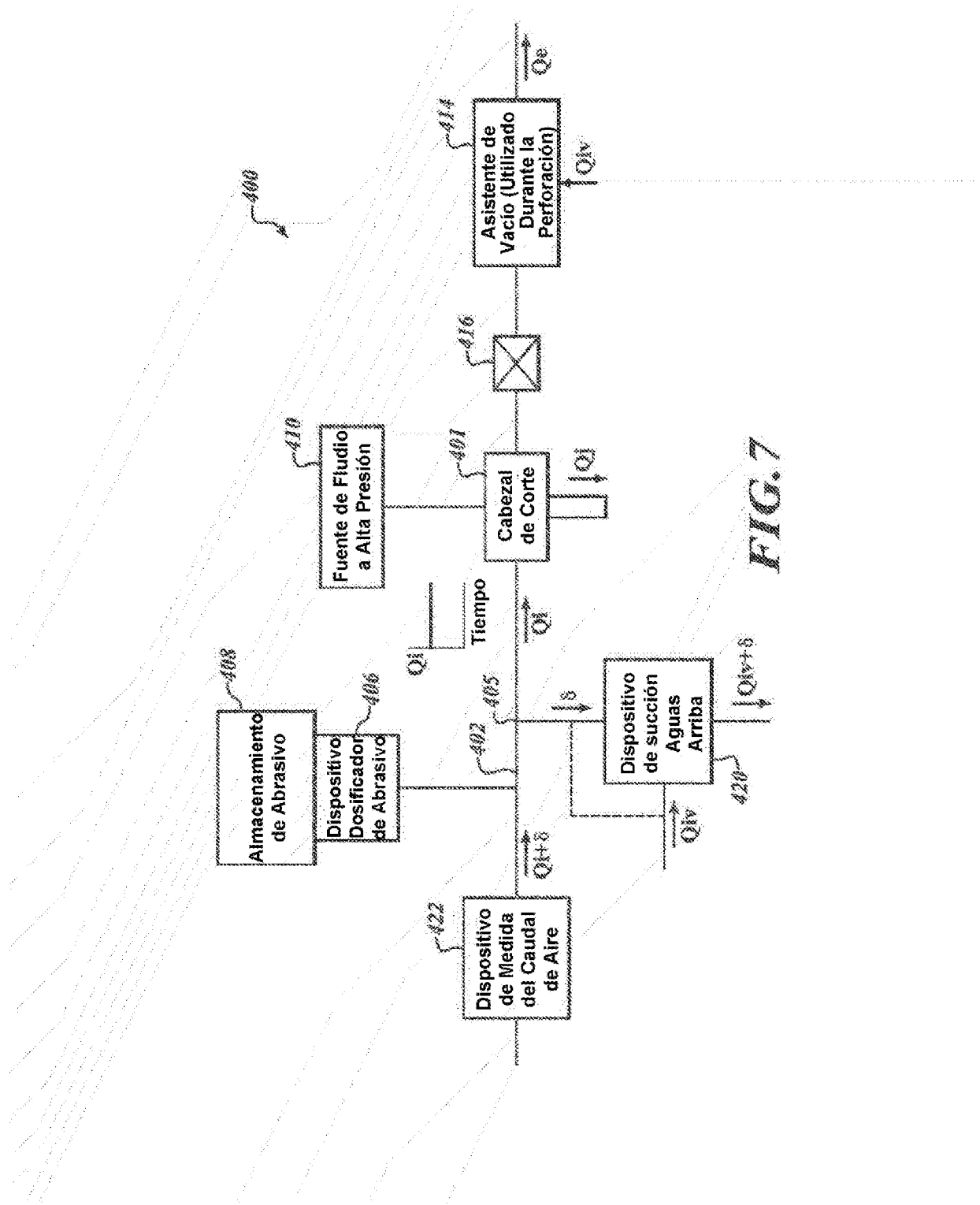


FIG.7

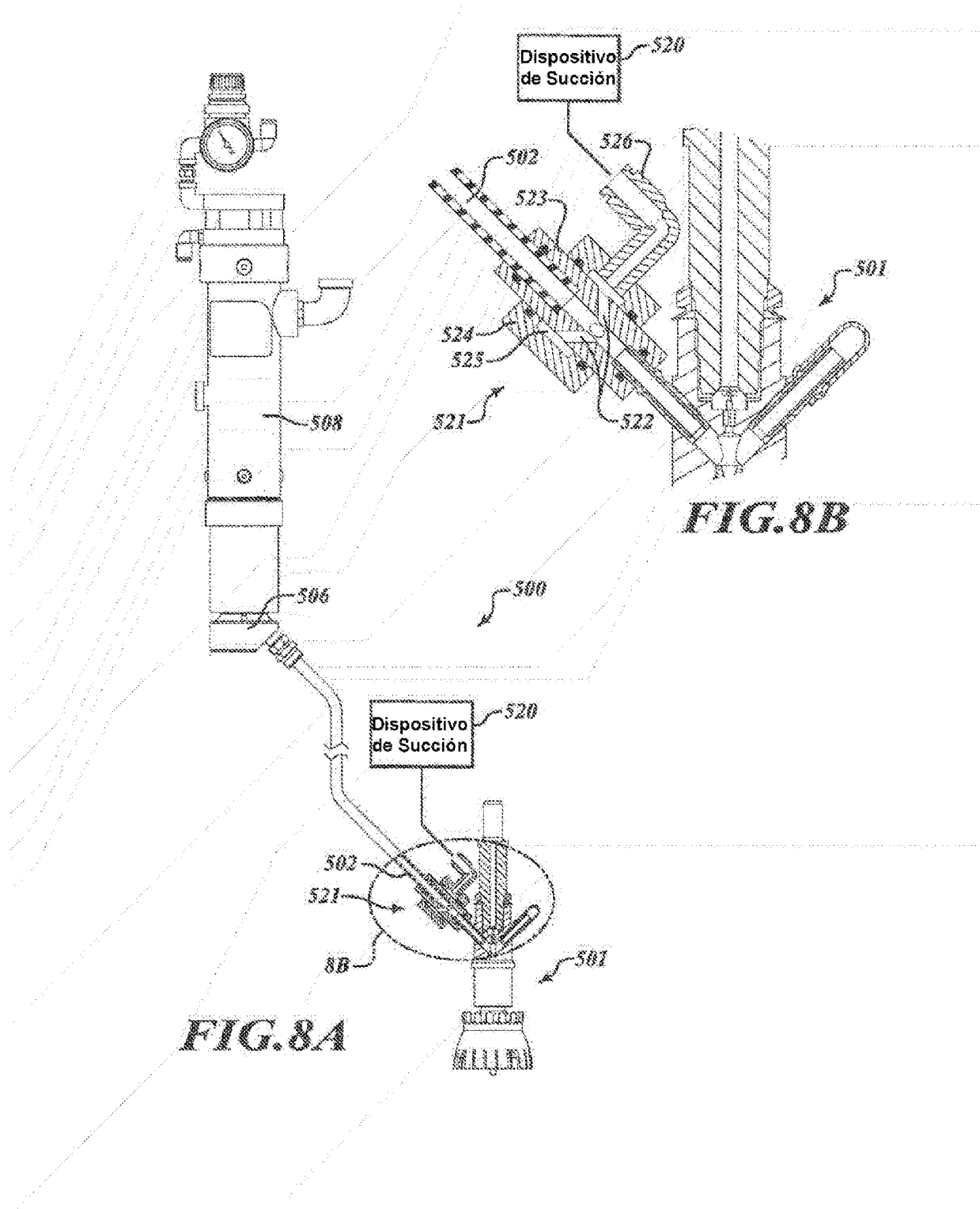


FIG. 8A

FIG. 8B

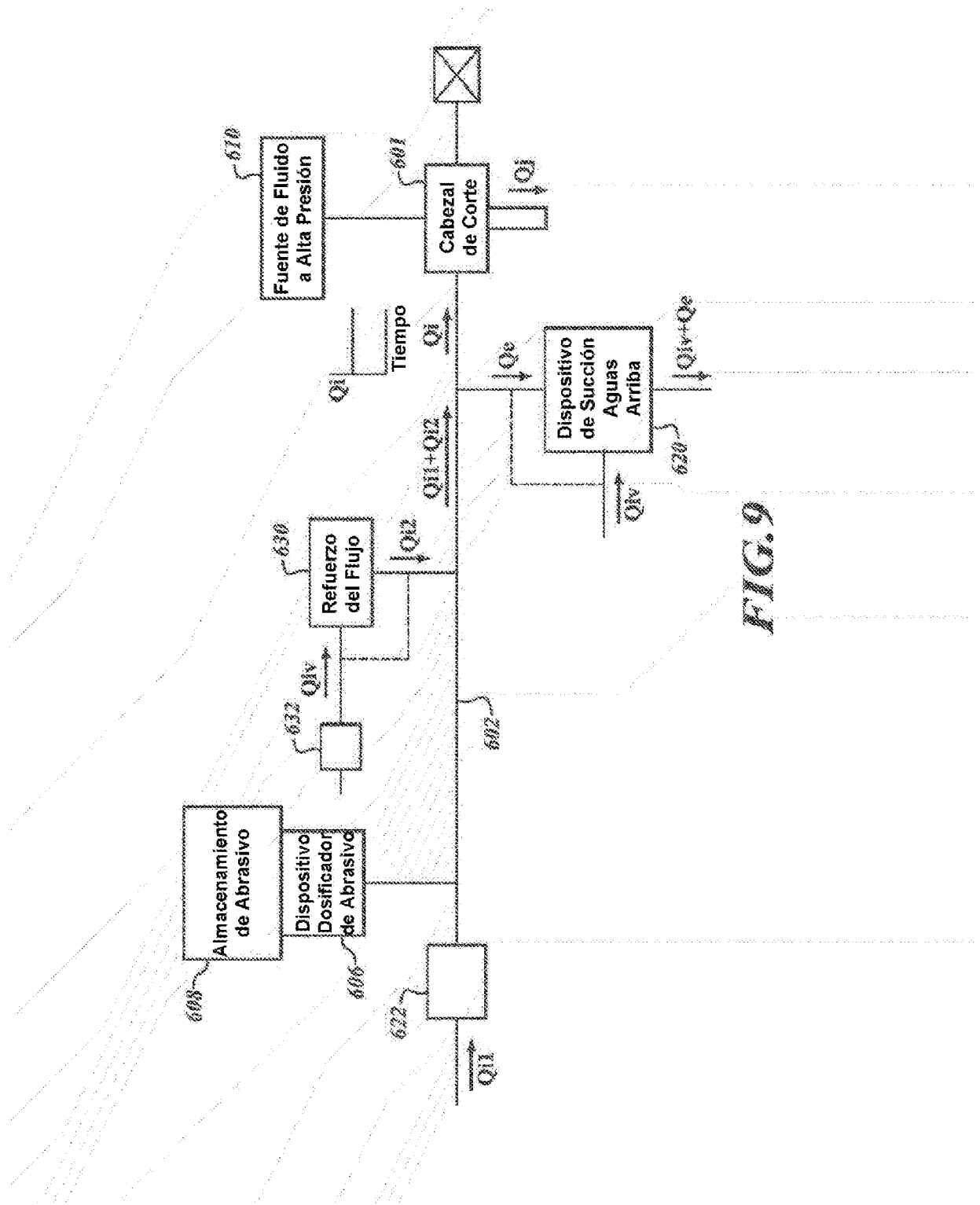


FIG. 9

