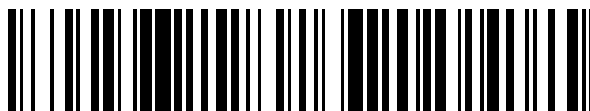


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 762**

51 Int. Cl.:

B24C 1/04 (2006.01)

B23Q 17/22 (2006.01)

B26F 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.10.2016** **PCT/US2016/057970**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017** **WO17070387**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2016** **E 16791193 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020** **EP 3365136**

54 Título: **Aparato seguidor del contorno y sistemas y métodos relacionados**

30 Prioridad:

23.10.2015 US 201514921394

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

14.07.2020

73 Titular/es:

FLOW INTERNATIONAL CORPORATION (100.0%)
23500 - 64th Avenue South
Kent, WA 98032, US

72 Inventor/es:

ROMANOFF, ETHAN, E.;
CLAEYS, KENNETH, E. y
EIDE, KIRBY, J.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 773 762 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

Aparato seguidor del contorno y sistemas y métodos relacionados

Antecedentes

Campo técnico

- 5 Esta exposición se refiere a sistemas y métodos para mantener una relación espacial entre una herramienta de una máquina multieje (por ejemplo, una máquina de corte de boquilla de chorro de fluido) y una pieza de trabajo para ser procesada por la herramienta. La exposición también se refiere a sistemas y métodos para detectar colisiones con una obstrucción en el camino controlado de la herramienta y la operación de ajuste de la máquina en consecuencia.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Los chorros de fluido de alta presión, incluyendo los chorros de agua abrasivos de alta presión se usan para cortar una amplia variedad de materiales en muchas industrias diferentes. Los sistemas para generar chorros de agua abrasivos de alta presión son actualmente disponibles, tales como, por ejemplo, el sistema de chorro de agua abrasivo de cinco ejes Mach 4™ fabricado por Flow International Corporation, el cesionario de la presente invención, así como otros sistemas que incluyen un conjunto de cabeza cortadora montada en un brazo robótico articulado y
15 otro sistema de movimiento. Otros ejemplos de sistemas de corte de chorro de fluido abrasivo se muestran y describen en la Patente de EEUU N° 5.643.058 de Flow. Los términos "chorro de fluido de alta presión" y "chorro" deberían ser comprendidos que incorporan todos los tipos de chorros de fluido de alta presión, que incluyen pero no están limitados a chorros de agua de alta presión y chorros de agua abrasivos de alta presión. En tales sistemas, el fluido de alta presión, normalmente agua, fluye a través de un orificio de una unidad de orificio en una cabeza de
20 corte para formar un chorro de alta presión, en el que las partículas abrasivas pueden ser combinadas cuando el chorro fluye a través de una cámara de mezclado y un tubo de mezclado para formar un chorro de agua abrasivo a alta presión. El chorro de agua abrasivo a alta presión es normalmente descargado desde el tubo de mezclado y dirigido hacia una pieza de trabajo para cortar la pieza de trabajo a lo largo de un camino designado.

- 25 Varios sistemas son actualmente disponibles para mover un chorro de fluido de alta presión a lo largo de un camino designado. Tales sistemas pueden comúnmente ser referidos como, por ejemplo, máquinas de tres ejes y de cinco ejes. Las máquinas de tres ejes convencionales montan el conjunto de la cabeza de corte de tal manera que pueda moverse a lo largo de un plano x-y y perpendicularmente a él a lo largo de un eje z, a saber hacia y desde la pieza de trabajo. De esta manera, el chorro de fluido de alta presión generado por el conjunto de la cabeza de corte es movido a lo largo del camino designado en un plano x-y, y es elevado y descendido con relación a la pieza de
30 trabajo, como puede ser deseado. Las máquinas convencionales de cinco ejes trabajan de una manera similar, pero proporcionan un movimiento alrededor de dos ejes rotatorios no paralelos adicionales. Otros sistemas pueden incluir un conjunto de cabeza de corte montada en un brazo robótico articulado, tal como, por ejemplo, un brazo robótico de seis ejes que se articula alrededor de seis ejes rotatorios separados.

- 35 Los procesos de fabricación ayudados por ordenador (CAM) pueden ser usados para procesar o controlar tales máquinas convencionales a lo largo de un camino designado, tal como habilitando modelos bidimensionales o tridimensionales de piezas de trabajo generadas usando un diseño ayudado por ordenador (es decir, modelos CAD) para ser usados para generar códigos para impulsar las máquinas. Por ejemplo, un modelo CAD puede ser usado para generar instrucciones para impulsar los controles y motores apropiados de la máquina para manipular la máquina alrededor de sus ejes traslacionales y/o rotatorios para cortar o procesar una pieza de trabajo como está reflejada en el modelo.
40

- 45 Durante el proceso de corte por el chorro de fluido, la precisión dimensional y la calidad de corte pueden ser dependientes de, entre otras cosas, precisamente mantener una distancia deseada entre el extremo de la boquilla o tubo de mezclado y la superficie de la pieza de trabajo que es cortada, a menudo referida como la distancia de separación. El mantenimiento de una distancia de separación precisa se hace particularmente importante cuando la tecnología de corte de chorro de fluido avanza desde el corte plano bidimensional a aplicaciones que implican material curvado, cortes biselados y otros perfiles de corte complejos habilitados por controles de cinco ejes y otros multieje.

- 50 Históricamente, por ejemplo, el control de movimiento de cinco ejes mandado de corte plano bidimensional está basado en cálculos de ángulo compuesto evaluados basados en la distancia inferida ("nominal") entre el extremo de la boquilla o tubo de mezcla y la superficie de la pieza de trabajo para ser cortada. En realidad, la distancia de separación real se desviará de la distancia nominal, por ejemplo, el pandeo debido al alivio de la tensión del material durante el corte, el arqueamiento del material, o el estado "según lo provisto" de un fabricante introducirá errores en cualquier borde corte fuera del eje vertical. Este error es particularmente evidente y no deseable a medida que el borde corte se separa de la vertical, por ejemplo, en un corte biselado intencionado. El aparato seguidor del contorno
55 de ejemplo y los sistemas y métodos relacionados aquí descritos ayudan a asegurar que la distancia entre el punto focal de una máquina es conocido con relación a la superficie de la pieza de trabajo que es cortada. Esto permite que el controlador mantenga el punto focal de la máquina en la superficie de la pieza de trabajo a pesar de cualesquiera desviaciones en el terreno de la pieza de trabajo y proporcione una mejor funcionalidad sobre los

sistemas de control y metodologías de la distancia de separación anteriores, tales como los mostrados y descritos en la Patente de EEUU Nº 7.331.842 de Flow. Por ejemplo, el aparato seguidor del contorno y los sistemas y métodos relacionados, entre otras cosas, la precisión mejorada con la que se mantiene la distancia de separación, incluyendo cuando se corta con ángulos pendientes, tal como cuando se hace un corte de bisel intencionado.

- 5 El documento US 2001/015514A1 expone un aparato para explorar el nivel de trabajo de una herramienta de corte con respecto a la superficie de una pieza de trabajo y provisto de un brazo explorador adaptado para moverse con relación a la superficie de la pieza de trabajo y movable en respuesta a una irregularidad en la superficie para abrir un conmutador de modo que desconecte la herramienta de corte desde una fuente de energía.

Breve compendio

- 10 En consecuencia, se ha proporcionado, en particular, un conjunto de cardan de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de acuerdo con la reivindicación 17 para mantener una relación espacial entre una herramienta de una máquina multieje y una pieza de trabajo para ser procesada por la herramienta como se expone en las reivindicaciones anejas.

- 15 Las realizaciones aquí descritas proporcionan unos sistemas y métodos mejorados para mantener una relación espacial entre una herramienta de una máquina multieje (por ejemplo, una boquilla de chorro de fluido de una máquina de corte de chorro de fluido) y una pieza de trabajo para ser procesada por la herramienta para mejorar el funcionamiento. Por ejemplo, una realización está dirigida a un aparato seguidor del contorno que es para ser montada en el extremo del efector de una máquina de corte de chorro de fluido. Durante el proceso de corte de chorro de fluido, el aparato seguidor del contorno monitoriza la distancia entre el punto focal del extremo del efector y la superficie de la pieza de trabajo que está cortándose. Los cambios en esta distancia son transmitidos al controlador del movimiento de la máquina como una señal variable, permitiendo a su vez al controlador ajustar en tiempo real los actuadores mecánicos que establecen la distancia de separación que está midiéndose. El control de retroalimentación mantiene el punto focal del efector extremo directamente en la superficie de la pieza de trabajo que está siendo cortada, optimizando así la precisión dimensional de la pieza de trabajo cortada. Las realizaciones aquí descritas pueden también proporcionar unos sistemas y métodos mejorados para detectar las colisiones con una obstrucción en el camino controlado de la herramienta y la operación de ajuste en consecuencia.

- Una realización de un conjunto de cardan para una máquina multieje para ayudar a mantener una relación espacial entre una herramienta de la máquina multieje y una pieza de trabajo para ser procesada por la herramienta puede ser resumida como incluyendo un brazo giratorio operable para rotar alrededor de un primer eje de rotación, y un miembro de contacto acoplado rotatoriamente al brazo giratorio para rotar alrededor de un segundo eje de rotación que intersecciona con el primer eje de rotación para definir un punto focal del conjunto de cardan. El miembro de contacto puede además incluir una o más características superficiales dispuestas para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo durante la operación y para definir un plano de referencia que contiene el punto focal del conjunto de cardan. Ventajosamente, el conjunto de cardan permite detectar una desviación entre un punto focal de la máquina (definida por la intersección de dos ejes de rotación de la máquina) y el punto focal del conjunto de cardan cuando el miembro de contacto se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo durante la operación.

- El conjunto de cardan puede además incluir una base de cardan y el conjunto de cardan puede estar configurado de modo que la desviación del punto focal de la máquina desde el punto focal del conjunto de cardan resulte en un desplazamiento correspondiente de la base de cardan. El conjunto de cardan puede ser configurado para ajustarse a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo por medio del movimiento rotatorio del brazo giratorio y el miembro de contacto alrededor de los ejes de rotación primero y segundo, respectivamente, mientras que el conjunto de cardan simultáneamente permite detectar cualquier desviación entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan.

- 45 El conjunto de cardan puede además incluir al menos un bloqueo giratorio para selectivamente impedir la rotación del brazo giratorio alrededor del primer eje de rotación o la rotación del miembro de contacto alrededor del segundo eje de rotación. El conjunto de cardan puede además incluir al menos una parada rotatoria para limitar la rotación del brazo giratorio alrededor del primer eje de rotación del miembro de contacto alrededor del segundo eje de rotación. El conjunto de cardan puede además incluir codificadores para medir una topografía de la superficie de la pieza de trabajo basada en una respectiva posición rotatoria detectada del brazo giratorio y el miembro de contacto. Las señales procedentes de los codificadores pueden también ser usadas para mantener la herramienta en una orientación definida (por ejemplo, una orientación perpendicular) con relación a la topografía de la superficie.

- Una realización del aparato seguidor del contorno de una máquina multieje para ayudar a mantener una relación espacial entre una herramienta de la máquina multieje y una pieza de trabajo para ser procesada por la herramienta puede ser resumida como incluyendo un detector, y un conjunto de cardan operable con el detector para detectar una desviación entre un punto focal de la máquina (definido por la intersección de dos ejes de rotación de la máquina) y un punto focal del conjunto de cardan definido por el conjunto de cardan cuando el conjunto de cardan se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo durante la operación.

El seguidor del contorno incluye un conjunto de soporte de cardan para acoplar el conjunto de cardan a la máquina multieje y para detectar un suceso de colisión del conjunto de cardan con otro objeto. El conjunto de cardan puede incluir una disposición de acoplamiento que extraíblemente acopla el conjunto de cardan al conjunto de soporte de cardan, estando configurada la disposición de acoplamiento para permitir la separación del conjunto de cardan del conjunto del cardan sin manipular ningún pasador. La disposición de acoplamiento puede incluir al menos un dispositivo de alineación que establezca y mantenga una relación espacial predeterminada entre una base del conjunto de cardan y una base del conjunto del cardan y al menos un dispositivo magnético que empuje la base del conjunto de cardan y la base del conjunto del cardan conjuntamente. El conjunto del cardan puede incluir una disposición del detector de colisión que comprenda un detector de colisión y un miembro detector que es desplazado durante el suceso de colisión para hacer que el detector de colisión genere una señal de suceso de colisión. La disposición del detector de colisión puede incluir una rampa, y el miembro detector puede ser obligado a moverse verticalmente por la rampa durante el suceso de colisión para hacer que el detector de colisión genere la señal de suceso de colisión. La disposición del detector de colisión puede estar situada lejos del conjunto de cardan para no comprometer el movimiento del conjunto de cardan cuando el cardan se desplace sobre la pieza de trabajo durante la operación. El conjunto del cardan puede estar limitado con relación a que la herramienta se desplace linealmente. El conjunto de soporte del cardan puede estar configurado para proporcionar una conexión rígida entre el conjunto de cardan y la máquina multieje que se libera durante un suceso de colisión. El aparato seguidor del contorno puede incluir al menos un actuador para desplegar y retraer el conjunto de cardan adentro y afuera de una configuración activa.

Una realización de un sistema de corte de chorro de fluido puede resumirse como incluyendo: una cabeza de corte de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de una máquina multieje que incluye dos ejes de rotación que interseccionan para definir un punto focal de la máquina, incluyendo la cabeza de corte de chorro de fluido una boquilla desde la cual se descarga un chorro de fluido a alta presión durante la operación para procesar una pieza de trabajo, y un aparato seguidor del contorno que comprende un detector y un conjunto de cardan que incluye un brazo giratorio operable para rotar alrededor de un primer eje de rotación y un miembro de contacto rotatorio acoplado al brazo giratorio para rotar alrededor de un segundo eje de rotación que interseccione con el primer eje de rotación para definir un punto focal del conjunto de cardan, incluyendo el miembro de contacto una o más características superficiales dispuestas para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo durante la operación y para definir un plano de referencia que contenga el punto focal del conjunto de cardan. Ventajosamente, el detector opera en conjunción con el conjunto de cardan del aparato seguidor del contorno para detectar una desviación entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan a medida que el miembro de contacto se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo durante la operación.

El sistema de corte de chorro de fluido puede además incluir un conjunto de cardan que acopla el conjunto de cardan a la máquina multieje y está configurado para detectar un suceso de colisión del conjunto de cardan con otro objeto. El conjunto de cardan puede estar configurado para ajustarse a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo por medio del movimiento rotatorio del brazo giratorio y el miembro de contacto alrededor de los ejes de rotación primero y segundo, respectivamente, mientras que el conjunto de cardan simultáneamente permite la detección de cualquier desviación entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan.

Una realización de un método de control de una distancia de separación de una boquilla de una cabeza de corte de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de una máquina multieje puede ser resumida como incluyendo: manipular la cabeza de corte de chorro de fluido con relación a una pieza de trabajo para ser procesada de modo que un conjunto de cardan asociado con la cabeza de corte de chorro de fluido se desplace sobre una superficie de la pieza de trabajo, incluyendo el conjunto de cardan dos ejes de rotación que interseccionan para definir un punto focal del conjunto de cardan, y detectando una desviación entre un punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan para ajustar la distancia de separación de la boquilla.

El método puede además incluir el ajuste de la distancia de separación de la boquilla hacia un estado en el que el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan sean coincidentes, o ajustar la distancia de separación de la boquilla hacia un estado en el que una distancia entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan sea un valor predeterminado. La detección de la desviación entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan para ajustar la distancia de separación de la boquilla puede incluir la detección de un cambio en la distancia entre la boquilla y la superficie de la pieza de trabajo a medida que el miembro de contacto se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo durante la operación. En algunos casos el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan pueden no ser coincidentes cuando detectan la desviación o cambio en la distancia entre la boquilla y la superficie de la pieza de trabajo. El conjunto de cardan puede incluir una base de cardan, un brazo giratorio rotatoriamente acoplado a la base de cardan para rotar alrededor de un primer eje de rotación, y un miembro de contacto acoplado rotatoriamente al brazo giratorio para rotar alrededor de un segundo eje de rotación que intersecciona con el primer eje de rotación para definir el punto focal del conjunto de cardan, incluyendo el miembro de contacto una o más características superficiales dispuestas para desplazarse sobre la superficie de la pieza de trabajo durante la operación y para definir un plano de referencia que contenga el punto focal del conjunto de cardan, y en donde la detección de la desviación entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan pueda incluir detectar un desplazamiento de la base de cardan mientras el conjunto de cardan se desplaza en la superficie de la pieza de trabajo. La detección de la desviación entre el punto focal de la máquina y el punto focal del conjunto de cardan puede incluir permitir que el conjunto de

cardan se ajuste a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo por medio de un movimiento rotatorio de un brazo giratorio y un miembro de contacto alrededor de los ejes de rotación primero y segundo, respectivamente. El método puede además incluir: detectar una colisión del conjunto de cardan con otro objeto, y la operación de ajuste de la máquina multieje en respuesta a la colisión. La detección de una colisión puede incluir convertir un impacto aplicado al conjunto de cardan durante la colisión en un movimiento vertical de un miembro detector para generar una señal de suceso de colisión.

Una realización de un sistema de detección de una colisión de una máquina multieje para ayudar a la detección de una colisión inminente entre una herramienta de la máquina multieje y otro objeto puede resumirse como incluyendo un aparato seguidor del contorno configurado para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo durante la operación, y una disposición del detector de colisión acoplado operativamente al aparato seguidor del contorno para detectar la colisión inminente. La disposición del detector de colisión puede incluir un detector de colisión y un miembro detector que está obligado de modo que el momento de torsión aplicado al miembro detector durante un suceso de colisión sea convertido en un desplazamiento del miembro detector en un acoplamiento con el detector de colisión para hacer que el detector de colisión genere una señal de colisión eventual. El aparato seguidor del contorno puede comprender un conjunto de cardan que tiene un brazo giratorio operable para rotar alrededor de un primer eje de rotación y un miembro de contacto acoplado rotatoriamente al brazo giratorio para rotar alrededor de un segundo eje de rotación, y el miembro de contacto puede incluir una o más características superficiales dispuestas para desplazarse sobre la superficie de la pieza de trabajo durante la operación. La disposición del detector de colisión puede estar situada lejos del conjunto de cardan para no comprometer el movimiento del conjunto de cardan cuando el conjunto de cardan se desplace sobre la pieza de trabajo durante la operación. La disposición del detector de colisión puede ser parte de un conjunto de soporte de cardan que está obligado con relación a que la herramienta se mueva linealmente. El conjunto de soporte de cardan puede ser configurado para proporcionar una conexión rígida entre el conjunto de cardan y la máquina multieje que se libera durante un suceso de colisión. La disposición del sensor de colisión puede además incluir un asiento que tiene una porción de rampa, y el miembro detector puede ser obligado a moverse verticalmente por la porción de rampa del asiento durante el suceso de colisión para hacer que el detector de colisión genere la señal de suceso de colisión. El miembro detector puede ser desviado hacia el asiento.

Una realización de un sistema de corte de chorro fluido puede ser resumida como que incluye una máquina multieje, una cabeza de corte de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de la máquina multieje, incluyendo la cabeza de corte de chorro de fluido una boquilla desde la cual es descargado un chorro de fluido a alta presión durante la operación para procesar una pieza de trabajo, y un conjunto de cardan acoplado a la máquina multieje y que está configurado para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo en una proximidad de la boquilla de la cabeza de corte de chorro de fluido durante la operación. El sistema de corte de chorro de fluido puede además incluir una disposición del detector de colisión acoplado operativamente al conjunto de cardan para detectar una colisión inminente entre la boquilla de la máquina multieje y otro objeto.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

La Figura 1 es una vista isométrica de una máquina de corte de chorro de fluido multieje, de acuerdo con una realización.

La Figura 2 es una vista lateral en alzado de una porción de la máquina de corte de chorro de fluido de la Figura 1, que incluye un conjunto de cabeza de corte y un aparato seguidor del contorno asociado con ella.

La Figura 3 es una vista isométrica de un conjunto de cardan del aparato seguidor del contorno de la Figura 2 mostrada con una boquilla de chorro de fluido (por ejemplo, un tubo de mezclado) del conjunto de la cabeza de corte.

La Figura 4 es una vista transversal parcial del conjunto de cardan de la Figura 3 que muestra sus componentes internos y sus características.

La Figura 5 es una vista isométrica que muestra el conjunto de cardan de la Figura 3 separado de una porción de un conjunto de cardan del aparato seguidor del contorno de la Figura 2.

La Figura 6 es una vista isométrica en despiece ordenado de la porción del conjunto de soporte de cardan mostrado en la Figura 5.

La Figura 7 es una vista transversal parcial de la porción del conjunto de soporte de cardan y el conjunto de cardan mostrado en la Figura 5 que muestra sus componentes internos y sus características.

La Figura 8 es una vista en despiece ordenado parcial del conjunto de cardan con el conjunto de cardan unido a él.

La Figura 9 es una vista transversal parcial del conjunto de cardan con el conjunto de cardan unido a él.

La Figura 10 es una vista isométrica en despiece ordenado del aparato seguidor del contorno de la Figura 2.

La Figura 11 es una vista transversal parcial del aparato seguidor del contorno de la Figura 2 con una cubierta retirada para mostrar sus componentes internos y sus características.

La Figura 12 es una vista en perspectiva inferior de un miembro de contacto de un conjunto de cardan de un aparato seguidor del contorno, de acuerdo con otra realización.

- 5 La Figura 13 es una vista en perspectiva inferior de un miembro de contacto de un conjunto de cardan de un aparato seguidor del contorno, de acuerdo con todavía otra realización.

Descripción detallada

En la descripción que sigue, ciertos detalles específicos se establecen con el fin de proporcionar una comprensión completa de las diversas realizaciones expuestas. No obstante, una persona con una experiencia normal en la técnica pertinente reconocerá que las realizaciones pueden ser puestas en práctica sin uno o más de estos detalles específicos. En otros casos, las estructuras bien conocidas asociadas con los sistemas de corte de chorro de fluido, otros sistemas de mecanizado (por ejemplo, máquinas perforadoras, fresas, cuchillas) y métodos de operación, los mismos pueden no ser mostrados o descritos con detalle para impedir innecesariamente confundir las descripciones de las realizaciones. Por ejemplo, las personas de una experiencia normal en la técnica pertinente apreciarán que una fuente de fluido a alta presión y una fuente abrasiva pueden ser proporcionadas para alimentar un fluido de alta presión y abrasivos, respectivamente, a una cabeza de corte de los sistemas de chorro de fluido aquí descritos para facilitar, por ejemplo, un corte de chorro de fluido abrasivo a ultraalta presión de piezas de trabajo. Como otro ejemplo, los sistemas de control e impulsión pueden ser integrados en los sistemas de corte de chorro de fluido y otras máquinas para facilitar el movimiento de la cabeza de corte u otra herramienta relativa a la pieza de trabajo para ser procesada. Estos sistemas pueden incluir unos componentes de impulsión para manipular la cabeza de corte u otra herramienta alrededor de varios ejes rotatorios y traslacionales, tales como, por ejemplo, como es común en sistemas de posicionamiento de cinco ejes.

A menos que el contexto lo requiera de otro modo, en la especificación y las reivindicaciones que siguen, la palabra “comprender” y sus variantes, tales como “comprende” y “comprendiendo” han de ser interpretadas en un sentido abierto, inclusivo, esto es, como “incluyendo, pero no limitado a”.

La referencia a lo largo de esta especificación a “una realización” o “una realización” significa que una configuración, estructura o característica particular descrita en conexión con la realización está incluida en al menos una realización. De este modo, las apariciones de las frases “en una realización” o “en una realización” en diversos lugares en esta especificación no necesariamente todas se refieren a la misma realización. Además, las configuraciones, estructuras, o características particulares pueden ser combinadas de cualquier manera apropiada en una o más realizaciones.

Como se ha usado en esta especificación y las reivindicaciones anejas, las formas singulares “un”, “una”, y “el” incluyen referentes plurales a menos que el contenido lo señale claramente de otro modo. Se debería también advertir que el término “o” se emplea generalmente en el sentido que incluye “y/o” a menos que el contenido claramente lo indique de otra manera.

Las realizaciones aquí descritas proporcionan unos sistemas y métodos mejorados para mantener una relación espacial entre una herramienta de una máquina multieje (por ejemplo, una boquilla de chorro de fluido de una máquina de corte de chorro de fluido) y una pieza de trabajo para ser procesada por la herramienta para mejorar el funcionamiento. Las realizaciones aquí descritas pueden también proporcionar unos sistemas y métodos mejorados para detectar las colisiones con una obstrucción en el camino controlado de la herramienta y ajustando la operación de la máquina en consecuencia. Las realizaciones incluyen, por ejemplo, un aparato seguidor del contorno que opera en conjunción con un conjunto de cabeza de corte de una máquina de corte de chorro de fluido para desplazarse sobre la superficie de una pieza de trabajo que es cortada por el conjunto de cabeza de corte para proporcionar la funcionalidad de retroalimentación de la distancia de separación.

Como se ha descrito aquí, el término de conjunto de cabeza de corte puede referirse generalmente a un conjunto de componentes en un final de trabajo de la máquina de corte de chorro de fluido, y puede incluir, por ejemplo, una unidad de orificio y/o boquilla del sistema de corte de fluido para generar un chorro de fluido a alta presión y las estructuras y dispositivos que lo rodean acoplados directa o indirectamente a ella para moverse al unísono con ella. El conjunto de cabeza de corte o cabeza de corte puede ser referido como un efector final. Otras herramientas que pueden ser usadas en conjunción con las realizaciones del aparato seguidor del contorno ejemplo y los sistemas y métodos relacionados aquí descritos pueden incluir unos efectores finales de otros tipos de máquinas, tales como, por ejemplo, máquinas fresadoras o taladradoras multieje, tales como, por ejemplo, brocas de taladro.

La Figura 1 muestra una realización ejemplo de un sistema 10 de corte por chorro de fluido. El sistema 10 de corte por chorro de fluido incluye un tanque receptor 12 que está configurado para soportar una pieza de trabajo 14 sobre una plataforma 16 para ser procesada por el sistema 10. El tanque receptor 12 incluye un volumen de agua para absorber la energía de las operaciones del chorro de corte durante las operaciones de corte.

El sistema 10 de corte de chorro de fluido incluye además un conjunto de puente 18 que puede moverse a lo largo de un par de carriles de base 20, y colocado a ambos lados el tanque receptor 12. En operación, el conjunto de puente 18 se mueve hacia atrás y adelante a lo largo de los carriles 20 de la base con respecto al eje de traslación Y para colocar una cabeza de corte 22 del sistema 10 para procesar la pieza de trabajo 14. Un carro 24 de herramientas puede moverse acoplado al conjunto 18 de puente para trasladarse hacia atrás y adelante a lo largo de otro eje traslacional X, que está alineado perpendicularmente al eje traslacional Y. El carro 24 de herramientas está además configurado para subir y bajar la cabeza de corte 22 a lo largo de otro eje traslacional Z más para mover la cabeza de corte 22 acercándose y separándose de la pieza de trabajo 14. Un antebrazo 30 manipulable y un muñón 34 están dispuestos entre medias de la cabeza de corte 22 y el carro 24 de herramientas para proporcionar una funcionalidad adicional.

Más particularmente, con referencia a la Figura 2, el antebrazo 30 es acoplado rotatoriamente al carro 24 de herramientas para rotar la cabeza de corte 22 alrededor de un eje de rotación C, y el muñón 34 está rotatoriamente acoplado al antebrazo 30 para rotar la cabeza de corte 22 alrededor de otro eje de rotación B que no es paralelo al antes mencionado eje rotatorio C. En combinación, los ejes rotatorios B, C permiten que la cabeza de corte 22 sea manipulada en un amplio rango de orientaciones relativas a la pieza de trabajo 14 para facilitar, por ejemplo, el corte de perfiles complejos que incluyan formas de tres dimensiones.

Con una referencia continuada a la Figura 2, los ejes rotatorios B, C pueden converger en un punto focal 42 de la máquina que, en algunas realizaciones, puede ser desplazado del extremo o punta de una boquilla o tubo de mezclado 40 de la cabeza de corte 22. El extremo o punta de la boquilla o tubo de mezclado 40 de la cabeza de corte 22 son preferiblemente colocados para mantener una distancia de separación deseada desde la pieza de trabajo para ser procesada. La distancia de separación puede ser seleccionada para optimizar el funcionamiento de corte del chorro de fluido, y, en algunas realizaciones puede ser una distancia fija entre aproximadamente 0,010 pulgadas y aproximadamente 0,100 pulgadas, o en algunos casos, una distancia fija entre aproximadamente 0,010 pulgadas y aproximadamente 0,500 pulgadas, tal como puede ser el caso de cuando se cortan formas más complejas en donde se puede requerir una mayor distancia de separación.

Durante la operación, el movimiento de la cabeza de corte 22 con respecto a cada uno de los ejes rotatorios B, C puede ser realizado por varios componentes de impulsión convencionales y un sistema 28 de control apropiado (Figura 1) que incluye un sistema de cálculo configurado. Otros sistemas bien conocidos asociados con máquinas de corte de chorro de fluido pueden también ser proporcionados tales como, por ejemplo, una fuente de fluido a alta o ultra alta presión (por ejemplo, bombas de impulsión directa e intensificadoras con tasas de presión que van de 40.000 psi a 100.000 psi y mayores) para suministrar el fluido a alta presión o ultraalta presión a la cabeza de corte 22 y/o una fuente abrasiva (por ejemplo, una tolva abrasiva y un sistema de distribución) para alimentar con abrasivos a la cabeza de corte 22 para permitir que el fluido abrasivo corte. En algunas realizaciones, un dispositivo de vacío puede ser provisto para ayudar a extraer abrasivos en el fluido desde la fuente de fluido para producir un chorro de fluido abrasivo consistente para permitir el procesamiento particularmente preciso y eficiente de la pieza de trabajo. Los detalles del sistema de control 28, los componentes de impulsión convencional y otros sistemas bien conocidos asociados con sistemas de corte de chorro de fluido, sin embargo, no se muestran o describen con detalle para impedir descripciones innecesariamente abstrusas de las realizaciones.

Nuevamente, las realizaciones aquí descritas proporcionan sistemas y métodos mejorados para mantener una relación espacial entre una herramienta de una máquina multieje (por ejemplo, una boquilla de chorro de fluido o tubo de mezclado 40 de un sistema 10 de corte de chorro fluido) y una pieza de trabajo 14 para ser procesada por la herramienta para mejorar el funcionamiento. Las realizaciones aquí descritas pueden también proporcionar unos sistemas y métodos mejorados para detectar las colisiones con una obstrucción en el camino controlado de la herramienta (por ejemplo, la boquilla o el tubo de mezclado 40) y ajustar la operación en consecuencia. Por ejemplo, un ejemplo de aparato 100 seguidor del contorno se muestra en la Figura 2 e incluye un conjunto de cardan 102 que permite detectar cualquier desviación entre un punto focal 42 de la máquina asociado con una boquilla de chorro de fluido o tubo de mezclado 40 y un punto focal 104 de un conjunto de cardan definido por el conjunto de cardan 102 cuando el conjunto de cardan 102 se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo 14 durante la operación. El aparato 100 seguidor del contorno del ejemplo también permite la detección de un suceso de colisión con una obstrucción en el camino controlado de la boquilla o tubo de mezclado 40 para proteger la boquilla o tubo de mezclado 40 de un daño imprevisto. Aunque las realizaciones se discuten aquí en términos de máquinas de corte de chorro de fluido a alta presión, incluyendo las máquinas de corte de chorro de agua abrasivo, un experto en la técnica pertinente reconocerá que los aspectos y técnicas de la presente invención pueden ser aplicados y usados en conexión con varios otros tipos de máquinas multieje, tales como, por ejemplo, las máquinas fresadoras CNC.

Con una referencia continuada a la Figura 2, un conjunto 50 de cabeza de corte incluye la cabeza de corte 22 a través de la cual el fluido pasa durante la operación para generar un chorro de fluido a alta presión para procesar la pieza de trabajo 14 que es descargada por medio de una salida 23 de la cabeza de corte 22 (por ejemplo, una salida 23 de la boquilla o tubo de mezclado 40 de la cabeza de corte 22). El conjunto 50 de la cabeza de corte incluye además o de otro modo opera en conjunción con un aparato 100 seguidor del contorno que está unido al muñón 34 del sistema de posicionamiento de multieje para ser manipulado en el espacio con la cabeza de corte 22. Como se ha descrito previamente, el antebrazo 30 está acoplado rotatoriamente a un carro 24 de herramientas (Figura 1) para rotar la cabeza de corte 22 alrededor de un eje de rotación C, y el muñón 34 está rotatoriamente acoplado con el

antebrazo 30 para rotar la cabeza de corte 22 alrededor de otro eje de rotación B que es no paralelo al eje de rotación C antes mencionado. En combinación, los ejes rotatorios B, C permiten que la cabeza de corte 22 sea manipulada en un amplio rango de orientaciones relativas a la pieza de trabajo 14 para facilitar, por ejemplo, el corte de perfiles complejos incluyendo formas tridimensionales.

5 Con referencia a las Figuras 2 y 3, el aparato 100 seguidor del contorno está provisto de conjunto de cardan multieje 102, el cual incluye un punto focal 104 del conjunto de cardan definido por la intersección de los ejes de rotación A_1 , A_2 . El conjunto de cardan 102 que está montado y controlado con relación a la boquilla o tubo de mezclado 40 de la cabeza de corte 22 de modo que el punto focal 104 del conjunto de cardan y el punto focal 42 de la máquina sean mantenidos coincidentes o esencialmente coincidentes en el corte de la pieza de trabajo 14.

10 De acuerdo con las realizaciones ilustradas mostradas en las figuras, el conjunto de cardan multieje 102 del conjunto no incorpora un movimiento de arco semicircular completo, sino que más bien está configurado de tal forma que la rotación alrededor de los ejes de rotación A_1 , A_2 está limitada al movimiento necesario para la funcionalidad de la medición del punto focal aquí descrito. Esta reducida movilidad del conjunto de cardan multieje 102 ventajosamente impide problemas asociados con la interrupción del chorro, el desgaste acelerado, y la degradación de la calidad del
15 corte. La movilidad o campo de movimiento del conjunto de cardan multieje 102, sin embargo, puede ser ajustada dependiendo de la aplicación y funcionalidad deseadas.

Con referencia a la Figura 3, el conjunto de cardan multieje 102 incluye una base de cardan 110, un brazo giratorio 112 acoplado rotatoriamente a la base de cardan para rotar alrededor de un primer eje de cardan de rotación A_1 , y un miembro de contacto 114 rotatoriamente acoplado al brazo giratorio 112 para rotar alrededor de un segundo eje
20 de cardan de rotación A_2 que intersecciona con el primer eje de rotación A_1 para definir el punto focal 104 del conjunto de cardan. El miembro de contacto 114 del conjunto de cardan 102 incluye una o más características superficiales 116 dispuestas para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo 14 durante la operación y para definir un plano de referencia P que contenga el punto focal 104 del conjunto de cardan. Durante la operación, el conjunto de cardan 102 permite la detección de una desviación entre el punto focal 42 de la máquina y el punto
25 focal 104 del conjunto de cardan cuando el miembro de contacto 114 se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo 14 durante la operación.

El movimiento rotatorio del brazo giratorio 112 alrededor del primer eje de cardan de rotación A_1 y el movimiento de rotación del miembro de contacto 114 alrededor del segundo eje de cardan de rotación A_2 son impulsados como una
30 función de la orientación del plano de referencia P, el cual es definido por contacto del miembro de contacto 114 y la pieza de trabajo 14. De acuerdo con el ejemplo de realización del aparato 100 seguidor del contorno mostrado en las figuras, el plano de referencia P es definido como un plano que es tangente a un borde anular inferior redondeado o porción de toroide 118 que hace contacto con la superficie de la pieza de trabajo 14 durante la operación. En otros casos una pluralidad de proyecciones (por ejemplo, tres almohadillas de contacto espaciadas regular o
35 irregularmente alrededor de un eje central) u otras características superficiales pueden colectivamente definir el plano P. El primer eje de cardan A_1 y el segundo eje de cardan A_2 están designadas para interseccionar en un punto (es decir, el punto focal 104 del conjunto de cardan) dentro del plano P de referencia; sin embargo, se aprecia que, debido a las tolerancias de fabricación u otros factores, los ejes A_1 , A_2 de cardan pueden no necesariamente interseccionar o descansar dentro del plano P exactamente. Idealmente, los ejes A_1 , A_2 de cardan interseccionan en un punto (es decir, el punto focal 104 del conjunto de cardan) dentro del plano de referencia P en un centro de una
40 porción anular 120 del miembro de contacto 114. Esto sitúa el punto focal 104 del conjunto de cardan en el centro de dicha porción anular 120 en la superficie de la pieza de trabajo 14 para corresponder a la ubicación del punto focal 42 de la máquina (ilustrado a 0,100" debajo de la boquilla o tubo de mezclado 40 a lo largo del eje de la herramienta A_0) cuando la máquina es controlada para situar la boquilla o tubo de mezclado 40 a la distancia de separación deseada. Proveyendo el conjunto de cardan 102 con la capacidad de pivotar alrededor de tales ejes de cardan A_1 ,
45 A_2 se permite que el miembro de contacto 114 se conforme a cualquier otro material sin separar la situación del punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan. Esto permite que el conjunto de cardan 102 sea solamente impulsado por la altura del terreno de la pieza de trabajo en el punto focal 42 de la máquina, independientemente de los ángulos de aproximación o de salida, proporcionando de este modo una correlación directa entre el punto focal 42 de la máquina y la superficie de la pieza de trabajo 14 que puede ser usada con un
50 bucle del control de retroalimentación para mantener la distancia de separación a la distancia deseada u óptima.

La situación y la operación del conjunto 102 del punto focal de cardan permiten una articulación total y automática alrededor del punto focal 42 de la máquina, sin embargo, con el fin de extraer datos que pertenecen a desviaciones en la distancia entre la superficie de la pieza de trabajo 14 y el punto focal 42 de la máquina, el primer eje de cardan
55 A_1 tiene que ser fijado en un plano perpendicular al eje de medida (esto es, el eje A_4 del pistón mostrado en las Figuras 5 a 10) mientras permite la rotación alrededor del primer eje de cardan A_1 y la traslación a lo largo del eje de medida (es decir, el eje A_4 del pistón mostrado en las Figuras 5 a 10), representado por las flechas etiquetadas 122 en la Figura 3. Manteniendo la libre rotación de los ejes A_1 , A_2 se permite que el miembro de contacto 114 siga activamente los contornos superficiales de la pieza de trabajo 14. Conectando rígidamente la base de cardan 110 a un pistón 180 (Figuras 8 a 11) que está limitado a un movimiento lineal a lo largo del eje A_4 del pistón, el primer eje
60 A_1 de cardan está confinado en el plano perpendicular al eje A_4 del pistón y permitido moverse libremente sólo en la dirección del eje A_4 del pistón, nuevamente como representado por la flecha etiquetada 122 en la Figura 3. El eje A_4 del pistón puede estar alineado paralelo con un eje A_0 de la herramienta o puede estar inclinado con relación a él,

como puede ser apreciado en la Figura 2 en la que el eje A₀ de la herramienta y el eje A₄ del pistón, están ligeramente inclinados uno con relación al otro.

Con referencia ahora a las Figuras 10 y 11, el pistón 180 está limitado a un movimiento lineal por una jaula 194 acoplada a un extremo superior del pistón 180. De acuerdo con la realización ilustrada, la jaula 194 incluye una pluralidad de cojinetes 195 que se acoplan con una correspondiente pluralidad de ejes de guía lineales 196 fijados dentro de un alojamiento 190 del aparato 100 seguidor del contorno que aloja el pistón 180. Esto limita que el pistón 180 tenga un movimiento bidireccional paralelo a los ejes de guía lineales 196 a lo largo del eje A₄ del pistón. Este movimiento de limitación permite el movimiento del conjunto de cardan del miembro de contacto 114 para operar independientemente del desplazamiento vertical total del conjunto de cardan 102 (el cual puede surgir de una desviación de la superficie de la pieza de trabajo 14 de la que es esperado cuando se genera el camino de la herramienta). En otras palabras, la orientación del miembro de contacto 114 en el espacio es independiente del movimiento lineal bidireccional del pistón 180. Por extensión, el miembro de contacto 114 del conjunto de cardan 102 sirve para soportar rígidamente el peso total del pistón 180 en la superficie de la pieza de trabajo 14. Debido a esta relación entre el pistón 180, la jaula 194 de cojinetes y el conjunto de cardan 102, el conjunto de cardan 102 automáticamente compensa cualesquiera cambios del ángulo del material mediante la rotación de los ejes A₁, A₂ de cardan sin mover el pistón 180. El conjunto de cardan 102 solamente empuja el pistón 180 para moverse si la superficie de la pieza de trabajo 14 varía de tal manera para cambiar la situación relativa del punto focal 104 del conjunto de cardan desde el punto focal 42 de la máquina, como puede ser el caso de cuando la pieza de trabajo 14 se desvía desde un estado esperado o nominal debido al alabeo de la pieza de trabajo u otra causa.

Con referencia a la Figura 10, el movimiento del pistón 180 puede ser medido a lo largo del eje A₄ del pistón a través de un conjunto de engranaje y piñón que comprende un mecanismo de engranaje 182 y un engranaje recto 184. El mecanismo de engranaje 182 está montado en el pistón 180 y el engranaje recto 184 está montado en un codificador rotatorio 186 rígidamente montado en el alojamiento 190 que convierte o correlaciona una posición rotatoria del engranaje recto 184 con una medición lineal que puede entonces ser usada en un sistema de control de retroalimentación para mover la cabeza de corte 22 atrás hacia un estado en el que el punto focal 42 de la máquina es coincidente con el punto focal 104 del conjunto de cardan. Diversos mecanismos de control de retroalimentación, tal como un mecanismo de retroalimentación de bucle de control PID, puede ser usado para mantener el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan coincidente o casi coincidente por lo tanto asegurando una distancia de separación precisa de la boquilla o tubo de mezclado 40 desde la superficie de la pieza de trabajo 14.

A continuación, se describen más detalles de la realización de ejemplo del aparato 100 seguidor del contorno y sus componentes se describirán con referencia a las Figuras 4 a 11.

Con referencia a la Figura 4, el miembro de contacto 114 del conjunto de cardan 102 se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo 14 para ser procesada y traslada cualesquiera desviaciones hacia arriba a través de un eje rotatorio 124 que puede ser presionado, roscado o de otro modo acoplado al miembro de contacto 114. El eje rotatorio 124 está configurado para rotar dentro de unos cojinetes rotatorios 126 (por ejemplo, cojinetes de elementos rodantes tales como rodamientos de bolas) que están provistos dentro de un extremo distal 128 del brazo giratorio 112. El movimiento rotatorio del miembro de contacto 114 alrededor del segundo eje A₂ de cardan puede estar limitado por medio de una parada de rotación 130 (Figura 7) dispuesta en el miembro de contacto 114 que interactúa con las funciones de parada 132 (Figura 7) en el extremo distal 128 del brazo giratorio 112 para limitar el movimiento rotatorio dentro de unos límites predeterminados. De esta manera, el miembro de contacto 114 puede ser limitado, por ejemplo, para rotar o pivotar hacia atrás y adelante menos de noventa grados o menos de cuarenta y cinco grados. Los cojinetes 126 dentro del extremo distal 128 del brazo giratorio 112 pueden ser protegidos de la contaminación en cada uno de los lados opuestos del brazo giratorio 112 con un sellado delantero 134 y una tapa final roscada 136 sellada con una junta tórica 138, respectivamente.

Con una referencia continuada a la Figura 4, el movimiento del miembro de contacto 114 es además trasladado a través del brazo giratorio 112 a otro eje rotatorio 140 que puede ser presionado, roscado, o de otro modo acoplado a un extremo proximal 129 del brazo giratorio 112 para rotar dentro de la base de cardan 110. El eje rotatorio 140 puede ser protegido y guiado por una disposición similar de cojinetes 144, el sellado delantero 146, y la tapa final roscada 148 con una junta tórica 150. Adicionalmente, un extremo del eje rotatorio 140 puede comprender un elemento de pistón 142 con una junta tórica 143 que permite que la presión neumática aplicada dentro de la cavidad interna 145 de la base de cardan 110 empuje una cara del elemento de pistón 142 contra un soporte 152 dentro de un agujero interior 154 de la base de cardan 110 para proporcionar un bloqueo giratorio que impida cualquier movimiento rotatorio del brazo giratorio 112 con relación a la base de cardan 110 tras la aplicación de tal presión neumática. De esta manera, el movimiento del conjunto de cardan 102, en particular del brazo giratorio 112, puede ser selectivamente obligado cuando no se desee usar el conjunto de cardan 102 mientras se corta una porción de la pieza de trabajo 14. Más particularmente, el aire a presión puede ser suministrado a petición a la cavidad interna 145 para empujar la cara del elemento de pistón 142 en el soporte 152 por medio de un vástago hueco 159 que es presionado en, o de otro modo acoplado a, la base de cardan 110 en comunicación fluida con la cavidad interna 145. Adicionalmente, una parada de rotación 156 puede estar dispuesta en el extremo próximo 129 del brazo giratorio 112 para activar las funciones de parada 158 dispuestas en la base de cardan 110 para asegurar que cualquier desplazamiento anormal a la operación deseada esté limitado entre el brazo giratorio 112 y la base de cardan 110.

De esta manera, el brazo giratorio 112 puede estar limitado, por ejemplo, a rotar o pivotar hacia adelante y atrás menos de noventa grados o menos de cuarenta y cinco grados.

Con referencia a la Figura 5, la base de cardan 110 puede incluir una disposición de acoplamiento 160 para proporcionar una funcionalidad rápida de conexión y desconexión entre el conjunto de cardan 102 y un resto del aparato 100 seguidor del contorno, que incluye un conjunto 103 del cardan (Figura 8) que comprende un conjunto transmisor 105 del momento de torsión y un conjunto 106 de pistón. La disposición 160 del acoplamiento puede incluir uno o más pasadores 162 u otros dispositivos de alineamiento y uno o más dispositivos magnéticos 164. Los pasadores 162 u otros dispositivos de alineamiento permiten que cualquier momento de torsión experimentado por el miembro de contacto 114 sea transmitido a través del conjunto de acoplamiento (esto es, un conjunto 105 transmisor del momento de torsión) sin estirar los dispositivos magnéticos 164. Los dispositivos magnéticos 164 ayudan en gran medida a impedir que la presión neumática, cuando es aplicada a la cavidad interna 145, a romper la conexión mecánica entre la base de cardan 110 y un del cardan asociado 171 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión.

Con referencia a las Figuras 5 a 8, el conjunto de cardan 102 del aparato 100 seguidor del contorno del ejemplo puede ser unido a una base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión por medio de la disposición 160 de acoplamiento antes mencionada. Los dispositivos magnéticos 164 y los pasadores 162 u otros dispositivos de alineamiento pueden ser usados para alinear el vástago hueco 159 dentro de una válvula de retención 172 que está dispuesta en la base 170 del conjunto 105 del transmisor del momento de torsión, mostrado mejor en la Figura 7. La conexión entre el vástago 159 y la válvula de retención 172 proporciona un paso al aire libre entre una fuente neumática 174 y el conjunto de cardan 102 para impedir selectivamente el movimiento rotatorio del brazo giratorio 112 como previamente se ha descrito. La configuración de la válvula de retención 172 permite que una válvula de retención esférica 176 bloquee el suministro de aire al conjunto de cardan 102 si el vástago 159 fallara en el sellado, o en el caso en que el conjunto de cardan 102 sea retirado. La base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión traslada cualquier movimiento del conjunto de cardan 102 a través del pistón 180 antes mencionado que tiene el mecanismo de engranaje 182 unido a él, el cual a su vez impulsa el engranaje recto 184 (Figura 10) con el fin de cuantificar el movimiento lineal para el control de retroalimentación.

Con referencia a las Figuras 10 y 11, un conjunto 169 de cardan de pistón que incluye el conjunto de cardan 102, el conjunto 105 transmisor del momento de torsión, y el conjunto 106 del pistón se instalan en un alojamiento 190. El mecanismo de engranaje 182, que está fijado al pistón 180, se engrana con el engranaje recto 184 que está unido al codificador rotatorio 186. El codificador rotatorio 186 es mantenido estático dentro del alojamiento 190 por medio de un soporte 201 del codificador que crea un marco de referencia desde el cual basar todos los movimientos del conjunto 169 de cardan del pistón. El codificador rotatorio 186 realiza un seguimiento de la rotación del engranaje recto 184 para extrapolar el movimiento lineal del mecanismo de engranaje 182. El movimiento del mecanismo de engranaje 182 está obligado a trasladarse paralelo al eje A₄ del pistón y los ejes de guía lineales 196 por medio de la jaula de cojinetes 194. La jaula de cojinetes 194 está asegurada al pistón 180 y confina todo movimiento lineal a lo largo del eje A₄ del pistón, que es perpendicular a un eje del codificador rotatorio 186. Este movimiento lineal puede ser impulsado por el conjunto de cardan 102 que sigue la superficie de la pieza de trabajo 14 o, alternativamente, una retracción ordenada de un cilindro neumático 200 u otro actuador dispuesto en el alojamiento 190. El cilindro neumático 200 u otro actuador puede ser conectado al soporte 201 del codificador por medio de una placa de montaje separada 202. El cilindro neumático 200 u otro actuador puede ser operable para levantar el conjunto de cardan 102 rotando un brazo de reacción 203 que eleva la jaula de cojinetes 194, elevando de este modo el conjunto 106 del pistón y el conjunto de cardan 102. De esta manera, el conjunto de cardan 102 puede ser desplegado y retraído dentro y fuera de una configuración activa.

Con referencia a la Figura 10, los componentes internos dentro del alojamiento 190 pueden ser protegidos por una tapa 191 del alojamiento sellado. Además, la interfaz entre el alojamiento 190 y el conjunto 105 de transferencia del momento de torsión pueden estar protegidos del entorno por un conjunto de fuelles 193 que permiten la extensión y la retracción del conjunto de cardan 102 con relación al alojamiento 190.

Con referencia de nuevo a la Figura 2, el aparato 100 seguidor del contorno puede ser acoplado al muñón 34 del sistema 10 de corte de chorro de fluido por medio de una serie de soportes de montaje 206, 207, 208. Por ejemplo, el muñón 34 puede estar equipado con un soporte 206 del motor que permite la instalación de un soporte de montaje 207, y un soporte de ajuste 208 puede ser utilizado para conectar el aparato 100 seguidor del contorno al soporte de montaje 207. El soporte de ajuste 208 puede proporcionar un lugar de montaje variable que permita que el punto focal 104 del conjunto de cardan del conjunto 102 seguidor del contorno sea ajustado para ser coincidente con el punto focal 42 de la máquina.

El aparato 100 seguidor del contorno del ejemplo mostrado en las figuras puede también proporcionar unos sistemas mejorados y unos métodos relacionados para detectar las colisiones de la herramienta (por ejemplo, la boquilla o tubo de mezclado 40) o los componentes asociados con una obstrucción en el camino controlado y la operación de ajuste de la herramienta de la máquina en consecuencia. Como previamente se ha descrito, el miembro de contacto 114 del conjunto de cardan 102 está centrado en el punto focal 42 de la máquina que mantiene la boquilla o tubo de mezclado 40 centrado dentro del miembro de contacto 114. Por consiguiente, una obstrucción tal como una abrazadera de la pieza de trabajo o una pieza del material elevado, es más probable que haga contacto con el

miembro de contacto 114 antes de hacer contacto con la boquilla o tubo de mezclado 40. Debido a que el miembro de contacto está situado alejado de la boquilla o tubo de mezclado 40, cualquier golpe que pusiera en peligro la boquilla o tubo de mezclado 40 crearía un momento de torsión en el miembro de contacto 114 y el conjunto de cardan 102 antes de alcanzar la boquilla o tubo de mezclado 40. Con referencia a las Figuras 5 a 9, este momento de torsión se utiliza para girar un pivote 181 (u otro miembro detector) dentro de un asiento que tiene una porción de rampa 183 en forma de "V" u otra forma apropiada (por ejemplo, en forma de cono) 183 con el fin de trasladar las fuerzas rotatorias o transversales al movimiento vertical del pivote 181. El movimiento vertical del pivote 181 de suficiente magnitud resulta en un contacto del pivote 181 con un conmutador límite 214, que a su vez genera una señal de suceso de colisión. Cuando no se detecta una colisión, el pivote 181 tiene que estar situado firmemente dentro la porción de rampa 183 en forma de "V" u otra porción de rampa 183 de forma apropiada del asiento para permitir que una conexión rígida sea simulada. Esto se lleva a cabo disponiendo un muelle 177 entre la rampa en forma de "V" u otra porción de rampa 183 de forma apropiada del asiento y la base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión. Una arandela de muelle 178 de una forma especial está situada en el extremo del muelle 177 para asegurar que los golpes omnidireccionales compriman el muelle axialmente para asegurar una fuerza total de resistencia del muelle. Se desea que la fuerza de resistencia total del muelle sea para minimizar o eliminar falsos activadores que de otro modo puedan surgir por tener una carga en voladizo aplicada al muelle 177.

Con referencia a las Figuras 6 y 7, la base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión contiene una montura del cardan 171 para hacer de interfaz con el conjunto de cardan 102. La base 170 también incluye un montaje neumático 175 para suministrar aire a presión a la válvula de retención 172. La válvula de retención 172 aloja una válvula de retención esférica 176 con el fin de sellar la corriente de aire cuando el conjunto de cardan 102 no está conectado. La montura del cardan 171 está conectada a la base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión por medio de dos pasadores 168 que están designados para cortarse en el caso de una colisión catastrófica. La montura del cardan 171 aloja dos dispositivos magnéticos 165 para acoplarse con los correspondientes dispositivos magnéticos 164 en la base de cardan 110 del conjunto de cardan 102 e incluye una pluralidad de aberturas 163 para aceptar y alinearse con los correspondientes pasadores 162 u otros elementos de alineación del conjunto de cardan 102. El muelle de compresión 177, la arandela de muelle 178, y una base 179 del detector de colisión están todos intercalados entre la base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión y el pivote 181 detector de la colisión. El muelle de compresión 177 empuja el pivote 181 detector de la colisión para bloquear positivamente en la porción de rampa 183 en forma de "V" u otra forma apropiada del asiento dentro de la base 179 del detector de la colisión. La arandela de muelle 178 asegura que toda la carga al muelle 177 del compresor sea aplicada axialmente, asegurando una fuerza de resistencia total del muelle independientemente del vector de aplicación de la fuerza durante un suceso de colisión. La porción de rampa 183 en forma de "V" u otra forma apropiada del asiento dentro de la base 179 del detector de colisión convierte el movimiento relativo rotatorio o transversal entre el pivote 181 detector de colisión y la base 179 del detector de colisión en un movimiento vertical y asegura que el pivote detector de colisión 181 vuelva automáticamente a su sitio original después de la eliminación de la obstrucción asociada con la colisión. El movimiento rotatorio entre la base 170 del conjunto 105 transmisor del momento de torsión y el pivote 181 detector de colisión es bloqueado conjuntamente por medio de un agujero enchavetado 187 y la correspondiente porción en forma 185 del pivote 181 detector de la colisión, el cual puede ser mantenido en su lugar por un pasador 188 y protegido del entorno mediante el uso de una arandela apropiada 189 (por ejemplo, una arandela de Teflon). La base 179 del detector de colisión tiene impedido rotar por estar fijada al conjunto 106 del pistón que está obligado a moverse bidireccionalmente a lo largo del eje A4 del pistón.

Con referencia a la Figura 8, el conjunto de cardan 102 y el conjunto 105 transmisor de momento de torsión está acoplado al conjunto 106 del pistón. El conjunto 106 del pistón incluye dos muelles de compresión 210 que fuerzan un alojamiento de conmutación límite 212, el cual contiene el alojamiento límite de conmutación 214, para tocar fondo en el conjunto 105 del transmisor del momento rotatorio. Los muelles de compresión 210 permiten que el alojamiento de conmutación límite 212 se desplace hacia arriba más allá del punto activador del límite de conmutación 214 en el caso de una colisión catastrófica. El límite de conmutación 214 está empotrado dentro del alojamiento de conmutación límite 212 de modo que el estado natural del límite de conmutación 214 no sea tocado por el conjunto 105 del transmisor del momento de torsión. De este modo, es solamente durante una colisión cuando el límite de conmutación 214 es acoplado por el conjunto 105 transmisor del momento de torsión. Como previamente se ha descrito, el conjunto 106 del pistón es recibido en el alojamiento 190 y obligado a moverse bidireccionalmente por un conjunto de ejes de guía lineales 196 que guían una jaula de cojinetes 194 que está unida al pistón 180. La interacción de la caja de cojinetes 194 y los ejes de guía lineales 196 limitan cualquier movimiento rotatorio de la base 179 del detector de colisión, tras una colisión crean el movimiento lineal relativo del pivote 181 requerido para acoplar la conmutación de límite 214 cuando el pivote 181 es impulsado en la porción de rampa 183 en forma de "V" u otra forma apropiada del asiento. De esta manera, la realización del ejemplo del aparato 100 seguidor del contorno puede proporcionar una funcionalidad detección de la colisión sin comprometer la dinámica del conjunto de cardan 102 que ventajosamente proporciona una funcionalidad de control de retroalimentación para mantener precisamente la distancia de separación de la boquilla o tubo de mezclado 40 para mejorar el funcionamiento del sistema.

Las Figuras 12 y 13 muestran otras realizaciones del ejemplo de los miembros de contacto 314, 414 que pueden ser usadas con el conjunto de cardan 102 antes mencionado mostrado en las Figuras 1 a 11 en lugar del miembro de contacto 114. El miembro de contacto 314 mostrado en la Figura 12 incluye una base anular 316 y un miembro deslizante 318 extraíblemente acoplable a la base anular 316 para proporcionar un elemento intercambiable que

pueda ser sustituido cuando esté gastado o bien cuando se desee. El miembro deslizante 318 puede estar formado por un material (por ejemplo, UHMW) que proporciona una interfaz de baja fricción para deslizar suavemente sobre la superficie de una pieza de trabajo durante una operación de corte. El miembro deslizante 318 puede incluir escotaduras 320, indentaciones u otras características que faciliten el contacto intermitente con la pieza de trabajo y que permitan que los rociadores de agua, abrasivos y otros materiales salgan a través de las escotaduras 320, indentaciones u otras características para impedir la agrupación y/o el hidroneo que de otro modo podría interrumpir o influir en la funcionalidad de la retroalimentación de la distancia de separación proporcionada por el miembro de contacto 314. El miembro deslizante 318 puede incluir una o más características de acoplamiento 322 (por ejemplo, pestañas o grapas elásticas) para el engrane de las correspondientes características de acoplamiento 324 (por ejemplo, una ranura) de la base anular 316 de modo que el miembro deslizante 318 pueda ser firmemente unido a la base anular 316. El miembro de contacto 414 mostrado en la Figura 13 incluye una base anular 416 y una disposición de elementos de cepillo 418 que colectivamente definen una interfaz para desplazarse sobre la superficie de una pieza de trabajo durante una operación de corte. Los elementos de cepillo 418 pueden ser flexibles y elásticos y pueden estar espaciados entre sí para permitir que los rociadores de agua, abrasivos y otros materiales pasen entre los elementos de cepillo 418 para impedir la agrupación u otra interferencia con la funcionalidad de la retroalimentación de la distancia de separación proporcionada por el miembro de contacto 414. Los miembros de contacto 314, 414 mostrados en las Figuras 12 y 13 pueden ser dimensionados y formados de modo que cada uno pueda directamente sustituir el miembro de contacto 114 mostrado en la realización de ejemplo de las Figuras 1 a 11 sin cambiar el lugar del plano P definido por la interfaz de contacto de dichos miembros de contacto 314, 414 con relación al resto del conjunto de cardan 102 al cual está unido. En consecuencia, se aprecia que una amplia variedad de miembros de contacto 114, 314, 414 puede ser usada de forma intercambiable en conexión con los aparatos, sistemas y métodos relacionados aquí descritos.

De acuerdo con la realización de ejemplo del aparato 100 seguidor del contorno y de los componentes y subconjuntos relacionados aquí descritos, pueden ser provistos los métodos relacionados de control de una distancia de separación de una herramienta (por ejemplo, una boquilla o un tubo de mezclado 40 de una cabeza de corte 22 de chorro de fluido) manipulable en el espacio por medio de una máquina multieje que tiene dos ejes de rotación B, C que interseccionan para definir un punto focal 42 de la máquina. Por ejemplo, en algunas realizaciones, puede ser proporcionado un método que controla una distancia de separación de una boquilla o tubo de mezclado 40 de una cabeza de corte 22 de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de una máquina multieje que tiene dos ejes de rotación B, C no paralelos y no ortogonales que interseccionan para definir un punto focal 42 de la máquina, el cual incluye: la manipulación de la cabeza de corte 22 de chorro de fluido con relación a una pieza de trabajo 14 para ser procesada de modo que un conjunto de cardan 102 asociado con la cabeza de corte 22 de chorro de fluido se desplace sobre una superficie de la pieza de trabajo 14, incluyendo el conjunto de cardan 102 dos ejes de rotación A_1 , A_2 que interseccionan para definir un punto focal 104 del conjunto de cardan, y detectar una desviación entre el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan para ajustar la distancia de separación de la boquilla o tubo de mezclado 40. El método puede además incluir el ajuste de la distancia de separación de la boquilla o tubo de mezclado 40 hacia un estado en el que el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan sean coincidentes, tal como, por ejemplo ajustando la cabeza de corte 22 a lo largo del eje traslacional Z para mover la cabeza de corte 22 hacia y desde la pieza de trabajo 14 en respuesta a la desviación detectada. Esto puede incluir diversos mecanismos de control de retroalimentación, tal como un mecanismo de retroalimentación de bucle de control PID, para mantener coincidentes el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan o casi coincidentes por medio de ajustes del eje Z (y/o otros movimientos de los otros ejes X, Y, B, C de la máquina) asegurando de este modo una distancia de separación precisa de la boquilla o tubo de mezclado 40 de la superficie de la pieza de trabajo 14.

En algunos casos el conjunto de cardan 102 puede comprender una base de cardan 110, un brazo giratorio 112 acoplado rotatoriamente a la base de cardan 110 para rotar alrededor de un primer eje de rotación A_1 y un miembro de contacto 114 acoplado rotatoriamente al brazo giratorio 112 para rotar alrededor de un segundo eje de rotación A_2 que intersecciona con el primer eje de rotación A_1 para definir el punto focal 104 del conjunto de cardan, y el miembro de contacto 114 puede incluir una o más características superficiales 116 dispuestas para desplazarse sobre la superficie de la pieza de trabajo 14 durante la operación y para definir un plano de referencia P que contenga el punto focal 104 del conjunto de cardan. En tales casos la detección de la desviación entre el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan puede incluir la detección de un desplazamiento lineal de la base de cardan 110 mientras que el conjunto de cardan 102 se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo 14. Además, la detección de la desviación entre el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan puede incluir permitir que el conjunto de cardan 102 se ajuste a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo 14 por medio del movimiento rotatorio del brazo giratorio 112 y el miembro de contacto 114 alrededor de los ejes de rotación primero y segundo A_1 , A_2 , respectivamente.

De acuerdo con algunas realizaciones, el método de control de la distancia de separación de la herramienta (por ejemplo, boquilla o tubo de mezclado 40) con el conjunto de cardan 102 puede además incluir la detección de una colisión del conjunto de cardan 102 con otro objeto y la operación de ajuste de la máquina multieje en respuesta a la colisión (por ejemplo, apagando la máquina o controlando el movimiento para minimizar o eliminar el impacto de la colisión). En algunos casos, la detección de la colisión incluye convertir un impacto aplicado al conjunto de cardan

102 durante la colisión en un movimiento vertical de un miembro detector (por ejemplo, un pivote detector 181) para generar una señal de suceso de colisión.

Aunque ciertos detalles específicos se muestran y describen con referencia a la realización de ejemplo del aparato 100 seguidor del contorno y los componentes y subconjuntos de él mostrados en las Figuras 2 a 11, un experto en la técnica pertinente reconocerá que otras realizaciones pueden ser puestas en práctica sin uno o más de estos detalles específicos. Por ejemplo, a una o más realizaciones de un aparato seguidor del contorno le puede faltar totalmente la funcionalidad de detección de la colisión. Además, a las realizaciones de otros aparatos seguidores del contorno les puede faltar el pistón 180 y el mecanismo de engranaje 182, el engranaje recto 184 y el codificador rotatorio 186 asociados para detectar el desplazamiento lineal de la base de cardan 110 para detectar cualquier desviación del punto focal 104 del conjunto de cardan del punto focal 42 de la máquina. En lugar de esto, los codificadores rotatorios pueden ser montados en los ejes de cardan A_1 , A_2 de modo que pueda ser calculada la orientación exacta del miembro de contacto 114. Tales cálculos permiten que una superficie de la pieza de trabajo 14 sea situada, en el espacio y orientación, tras el contacto del miembro de contacto 114 con la superficie de la pieza de trabajo 14. Encontrar el lugar y la orientación de esta manera permitiría una reducción de la complejidad y unas mayores capacidades de mecanización.

Además, aunque la realización de ejemplo del conjunto de cardan 102 mostrada en las figuras incluye dos ejes de cardan A_1 , A_2 , se aprecia que puede ser provisto un conjunto de cardan con más de dos ejes de cardan.

Aunque las realizaciones se describen aquí en el contexto de mantener una distancia de separación entre una boquilla o tubo de mezclado 40 de un sistema 10 de corte de chorro de fluido y una pieza de trabajo 14, se aprecia que los aspectos de los sistemas y métodos aquí descritos pueden ser usados para mantener una herramienta (por ejemplo, una broca burladora) a una profundidad deseada de acoplamiento con una pieza de trabajo 14 durante una operación de mecanizado.

Todavía además, aunque las realizaciones se describen aquí en el contexto de mantener una distancia de separación fija o consistente, se aprecia que los sistemas y métodos aquí descritos pueden ser usados para controlar dinámicamente la distancia de separación a lo largo de al menos una porción de una operación de corte. Por ejemplo, durante ciertas actividades, tales como cuando se perfora una pieza de trabajo con un chorro de fluido, puede ser ventajoso variar la distancia de separación cuando se perfora el material de la pieza de trabajo. Los sistemas y métodos aquí descritos pueden proporcionar un bucle de retroalimentación de la distancia de separación para controlar en consecuencia la distancia de separación.

Adicionalmente, aunque las realizaciones son aquí descritas en el contexto de mantener una distancia de separación fija o consistente ajustando el punto focal 42 de la máquina para que sea coincidente o casi coincidente con el punto focal 104 del conjunto de cardan, se aprecia que en algunas realizaciones la distancia de separación de la boquilla puede ser ajustada hacia un estado en el que una distancia entre el punto focal 42 de la máquina y el punto focal 104 del conjunto de cardan sea un valor predeterminado. Por ejemplo, puede ser ventajoso durante algunas operaciones de corte mantener el punto focal 42 de la máquina a una distancia predeterminada por encima del punto focal 104 del conjunto de cardan y por lo tanto la superficie de la pieza de trabajo 14 durante al menos una porción de la operación de corte.

También se ha apreciado que aspectos del conjunto de cardan 102 y la metodología relacionada aquí descrita pueden ser usados en conexión con un amplio conjunto de máquinas multieje, incluyendo aquéllas a las que falta totalmente un punto focal de la máquina.

Además, los aspectos y características de las diversas realizaciones antes descritas pueden ser combinados para proporcionar realizaciones adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de cardan (102) para una máquina multieje para ayudar al mantenimiento de una relación espacial entre una herramienta (40) de la máquina multieje y una pieza de trabajo (14) para ser procesada por la herramienta (40), incluyendo la máquina multieje dos ejes de rotación que interseccionan para definir un punto focal (42) de la máquina, comprendiendo el conjunto (102) de cardan:
5 un brazo giratorio (112) operable para rotar alrededor de un primer eje de rotación; y
un miembro de contacto (114) acoplado rotatoriamente al brazo giratorio (112) para rotar alrededor de un segundo eje de rotación que intersecciona con el primer eje de rotación para definir un punto focal (104) del conjunto de cardan, incluyendo el miembro de contacto (114) una o más características superficiales (116) dispuestas para
10 desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación y para definir un plano de referencia que contiene el punto focal (104) del conjunto de cardan, y en donde el conjunto de cardan (102) permite detectar una desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan cuando el miembro de contacto (114) se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación.
- 15 2. El conjunto de cardan (102) de la reivindicación 1 en donde el conjunto de cardan (102) incluye una base de cardan (110) y el conjunto de cardan (102) está configurado de modo que la desviación del punto focal (42) de la máquina del punto focal (104) del conjunto de cardan resulta en un correspondiente desplazamiento de la base de cardan (110).
- 20 3. El conjunto de cardan (102) de la reivindicación 1 en donde el conjunto de cardan (102) está configurado para ajustarse a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo (14) por medio del movimiento rotatorio del brazo giratorio (112) y el miembro de contacto (114) alrededor de los ejes de rotación primero y segundo, respectivamente, mientras que el conjunto de cardan (102) simultáneamente permite la detección de cualquier desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan.
- 25 4. El conjunto de cardan (102) de la reivindicación 1, que además comprende:
al menos un bloqueo giratorio para impedir selectivamente la rotación del brazo giratorio (112) alrededor del primer eje de rotación o la rotación del miembro de contacto (114) alrededor del segundo eje de rotación.
- 30 5. El conjunto de cardan (102) de la reivindicación 1, que además comprende:
al menos una parada rotatoria (130) para limitar la rotación del brazo giratorio (112) alrededor del primer eje de rotación o la rotación del miembro de contacto (114) alrededor del segundo eje de rotación.
- 35 6. El conjunto de cardan (102) de la reivindicación 1, que además comprende:
unos codificadores para medir una topografía de la superficie de la pieza de trabajo (14) basados en una posición rotatoria respectivamente detectada del brazo giratorio (112) y el miembro de contacto (114).
- 40 7. El miembro de cardan (102) de la reivindicación 1, que además comprende:
unos codificadores para medir una topografía de la superficie de la pieza de trabajo (14) basándose en una respectiva posición rotatoria detectada del brazo giratorio (112) y el miembro de contacto (114) y para mantener la herramienta (40) en una orientación definida relativa a la topografía de la superficie.
- 45 8. Un aparato (100) seguidor del contorno de una máquina multieje para ayudar al mantenimiento de una relación espacial entre una herramienta (40) de la máquina multieje y una pieza de trabajo (14) para ser procesada por la herramienta (40), incluyendo la máquina multieje dos ejes de rotación que interseccionan para definir un punto focal (42) de la máquina, comprendiendo el aparato (100) seguidor del contorno:
un detector, y
un conjunto de cardan (102) reivindicado en cualquier reivindicación anterior, siendo el conjunto de cardan (102) operable con el detector para detectar una desviación entre el punto focal (42) de la máquina y un punto focal (104) del conjunto de cardan definido por el conjunto de cardan (102) cuando el conjunto de cardan (102) se
50 desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación.
9. El aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 8, que además comprende:
un conjunto de montura del cardan (171) para acoplar el conjunto de cardan (102) a la máquina multieje y para detectar un suceso de colisión del conjunto de cardan (102) con otro objeto.
10. El aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 9, en donde el conjunto de cardan (102) incluye una disposición de acoplamiento que de forma desmontable acopla el conjunto de cardan (102) al conjunto de montura

del cardan (171), estando la disposición de acoplamiento configurada para permitir la separación del conjunto de cardan (102) del conjunto de montura del cardan (171) sin manipular ningún pasador.

5 11. El aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 10 en donde la disposición de acoplamiento incluye al menos un dispositivo de alineación que establece y mantiene una relación espacial predeterminada entre una base (110) del conjunto de cardan (102) y una base del conjunto de montura del cardan (171) y al menos un dispositivo magnético (164, 165) que empuja la base (110) del conjunto de cardan (102) y la base del conjunto (171) de montura del cardan conjuntamente.

10 12. El aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 9, en donde el conjunto (171) del cardan incluye una disposición del detector de colisión que comprende un detector de colisión y un miembro detector (181) que es desplazado durante el suceso de colisión para hacer que el detector de colisión genere una señal de suceso de colisión.

13. El aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 8, que además comprende:

al menos un actuador (200) para desplegar y retraer el conjunto de cardan (102) adentro y afuera de una configuración activa.

15 14. Un sistema detección de colisión, que comprende:

el aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 8; y

20 una disposición detector de colisión operativamente acoplado al aparato (100) seguidor del contorno para detectar la colisión inminente, incluyendo la disposición del detector de colisión un detector de colisión y un miembro detector (181) que está obligado de modo que un momento de torsión aplicado al miembro detector (181) durante un suceso de colisión sea convertido en un desplazamiento del miembro detector (181) a acoplamiento con el detector de colisión para hacer que el detector de colisión genere una señal de suceso de colisión.

15. Un sistema de corte de chorro de fluido, comprendiendo el sistema:

el aparato (100) seguidor del contorno de la reivindicación 8; y

25 una cabeza de corte de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de una máquina multieje que incluye los dos ejes de rotación que interseccionan para definir el punto focal (42) de la máquina, incluyendo la cabeza de corte de chorro de fluido una boquilla de la que se descarga un chorro de fluido a alta presión durante la operación para procesar una pieza de trabajo (14),

30 en donde el conjunto de cardan (102) incluye un brazo giratorio (112) operable para rotar alrededor de un primer eje de rotación y un miembro de contacto (114) acoplado rotatoriamente al brazo giratorio (112) para rotar alrededor de un segundo eje de rotación que intersecciona con el primer eje de rotación para definir el punto focal (104) del conjunto de cardan, incluyendo el miembro de contacto (114) una o más características superficiales (116) dispuestas para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación y para definir un plano de referencia que contenga el punto focal (104) del conjunto de cardan, y

35 en donde el detector opera en conjunción con el conjunto de cardan (102) del aparato (100) seguidor del contorno para detectar la desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan cuando el miembro de contacto (114) del conjunto de cardan (102) se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación.

40 16. El sistema de corte de chorro de fluido de la reivindicación 15, en donde el conjunto de cardan (102) está configurado para ajustarse a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo (14) por medio de un movimiento rotatorio del brazo giratorio (112) y el miembro de contacto (114) alrededor de los ejes de rotación primero y segundo, respectivamente, mientras que el conjunto de cardan (102) permite simultáneamente la detección de cualquier desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan.

45 17. Un método para controlar una distancia de separación de una boquilla de una cabeza (22) de corte de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de una máquina multieje que tiene dos ejes de rotación que interseccionan para definir un punto focal (42) de la máquina, comprendiendo el método:

manipular la cabeza (22) de corte de chorro de fluido relativa a una pieza de trabajo (14) para ser procesada de modo que un conjunto de cardan (102) asociado con la cabeza (22) de corte de chorro de fluido se desplace sobre una superficie de la pieza de trabajo (14), incluyendo el conjunto de cardan (102) dos ejes de rotación que interseccionan para definir un punto focal (104) del conjunto de cardan; y

50 detectar una desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan para ajustar la distancia de separación de la boquilla.

18. El método de la reivindicación 17, que además comprende:

ajustar la distancia de separación de la boquilla hacia un estado en el que el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan son coincidentes.

5 19. El método de la reivindicación 17, en donde la desviación de la detección entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan para ajustar la distancia de separación de la boquilla incluye la detección de un cambio en la distancia entre la boquilla y la superficie de la pieza de trabajo (14) cuando el miembro de contacto (114) se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación.

20. El método de la reivindicación 19, en donde el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan no son coincidentes cuando detectan el cambio en la distancia entre la boquilla y la superficie de la pieza de trabajo (14).

10 21. El método de la reivindicación 17, que además comprende:

ajustar la distancia de separación de la boquilla hacia un estado en el que una distancia entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan tenga un valor predeterminado.

15 22. El método de la reivindicación 17, en donde el conjunto de cardan (102) comprende una base de cardan (110), un brazo giratorio (112) acoplado rotatoriamente a la base de cardan (110) para rotar alrededor de un primer eje de rotación, y un miembro de contacto (114) acoplado rotatoriamente al brazo giratorio (112) para rotar alrededor de un segundo eje de rotación que intersecciona con el primer eje de rotación para definir el punto focal (104) del conjunto de cardan, incluyendo el miembro de contacto (114) una o más características superficiales (116) dispuestas para desplazarse sobre la superficie de la pieza de trabajo (14) durante la operación y para definir un plano de referencia que contiene el punto focal (104) del conjunto de cardan, y en donde la detección de la desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan incluye la detección de un desplazamiento de la base de cardan (110) mientras que el conjunto de cardan (102) se desplaza sobre la superficie de la pieza de trabajo (14).

25 23. El método de la reivindicación 17, en donde la detección de la desviación entre el punto focal (42) de la máquina y el punto focal (104) del conjunto de cardan incluye permitir que el conjunto de cardan (102) se ajuste a los cambios en la topografía de la pieza de trabajo (14) por medio de un movimiento rotatorio de un brazo giratorio (112) y un miembro de contacto (114) alrededor de los ejes de rotación primero y segundo, respectivamente.

24. El método de la reivindicación 17, que además comprende:

detectar una colisión del conjunto de cardan (102) con otro objeto; y

ajustar la operación de la máquina multieje en respuesta a la colisión.

30 25. El método de la reivindicación 17, en donde la detección de una colisión incluye convertir un impacto aplicado al conjunto de cardan (102) durante la colisión en un movimiento vertical de un miembro detector (181) para generar una señal de suceso de colisión.

26. Un sistema de corte de chorro de fluido, comprendiendo el sistema:

una máquina multieje;

35 una cabeza de corte (22) de chorro de fluido manipulable en el espacio por medio de la máquina multieje, incluyendo la cabeza de corte (22) una boquilla desde la cual se descarga un chorro de fluido a alta presión durante la operación para procesar una pieza de trabajo (14); y

40 un conjunto de cardan (102) reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 acoplado a la máquina multieje y estando configurado para desplazarse sobre una superficie de la pieza de trabajo (14) en la proximidad de la boquilla de la cabeza de corte (22) del chorro de fluido durante la operación.

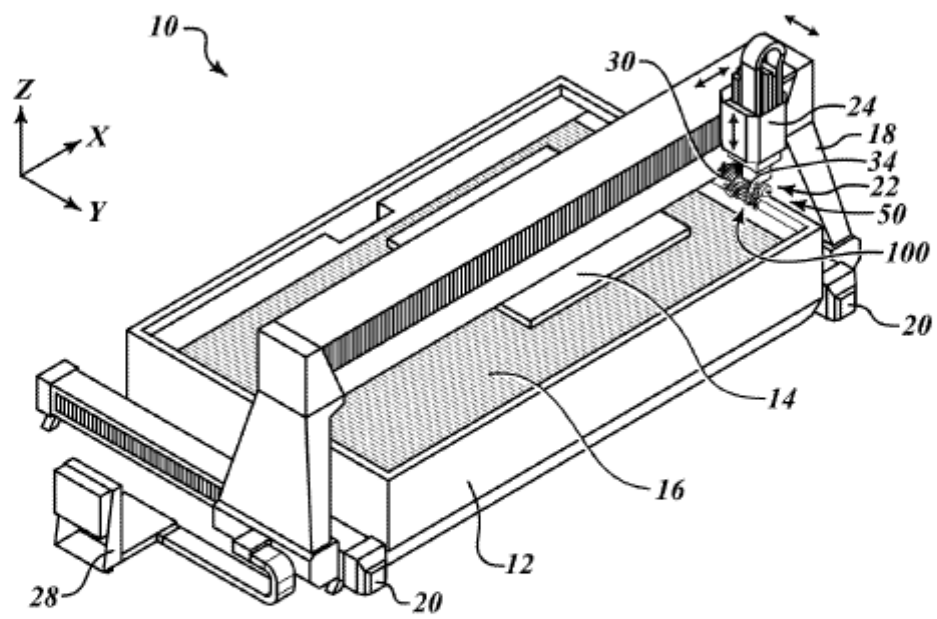


FIG.1

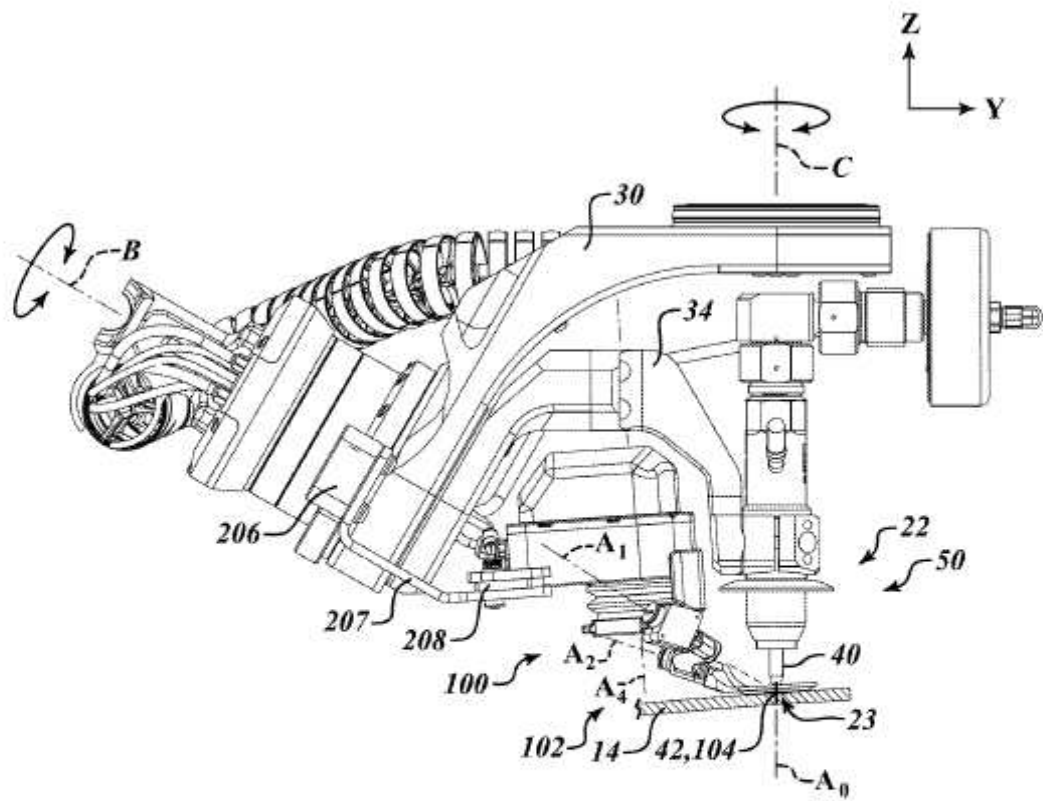


FIG.2

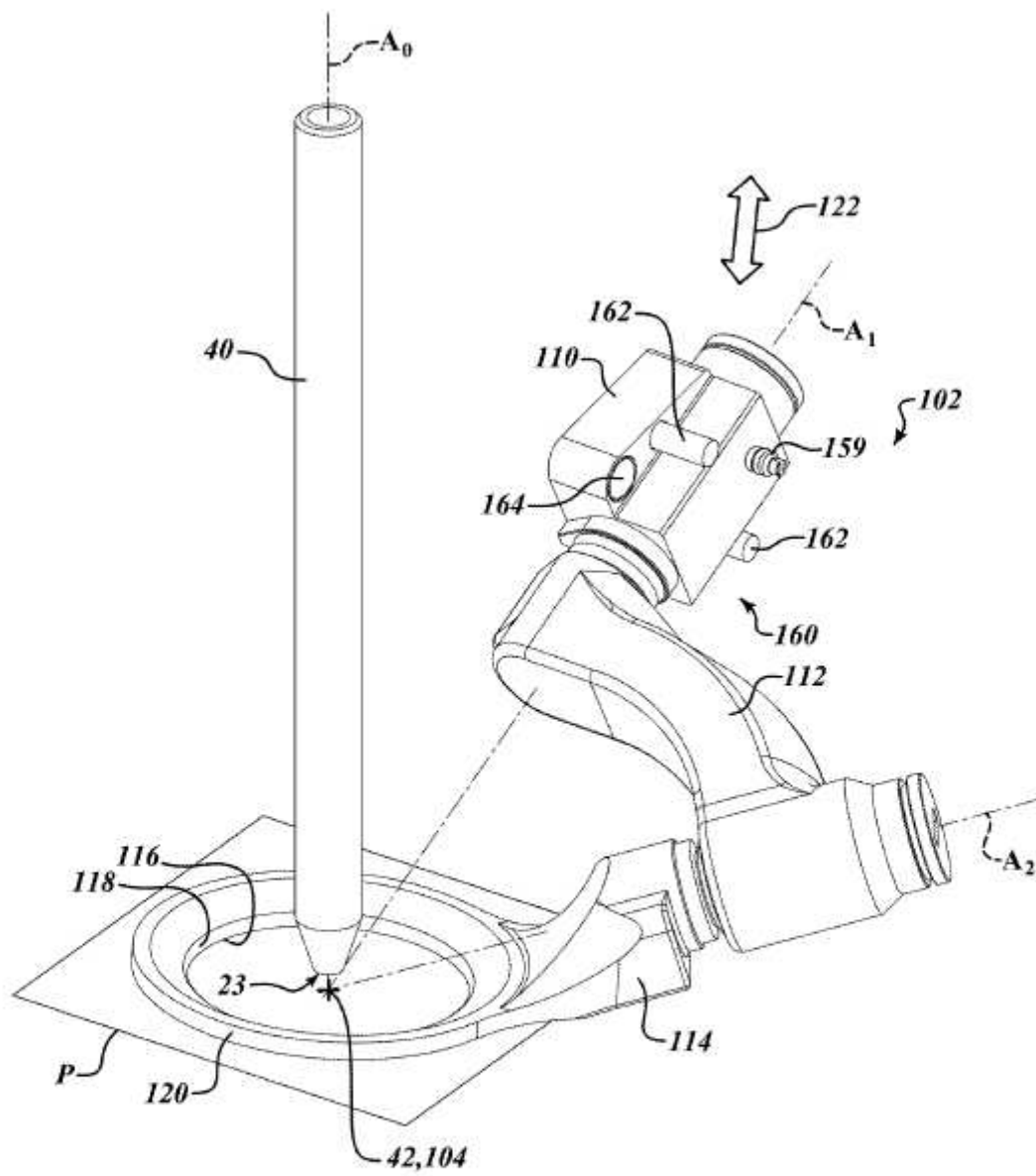


FIG.3

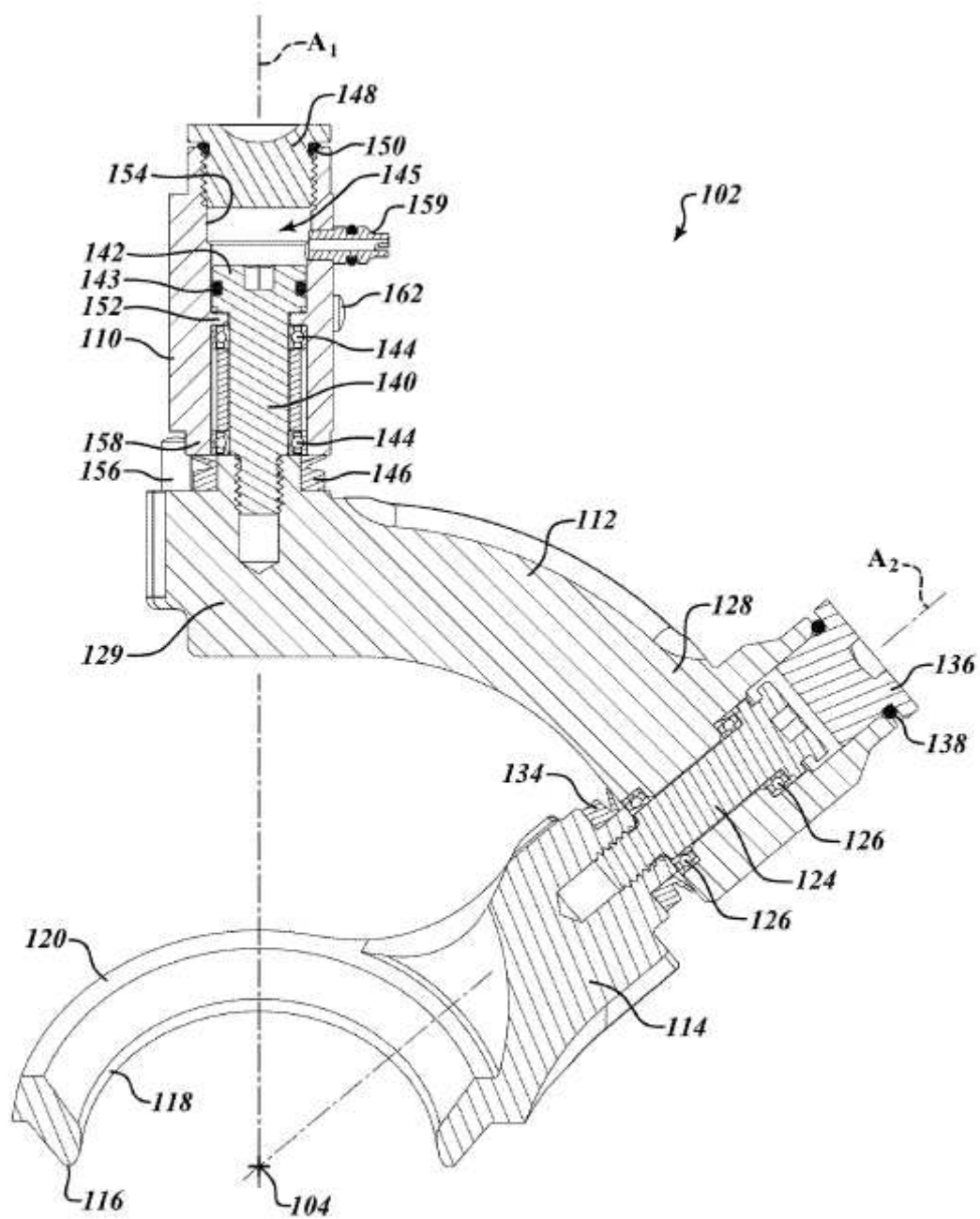


FIG. 4

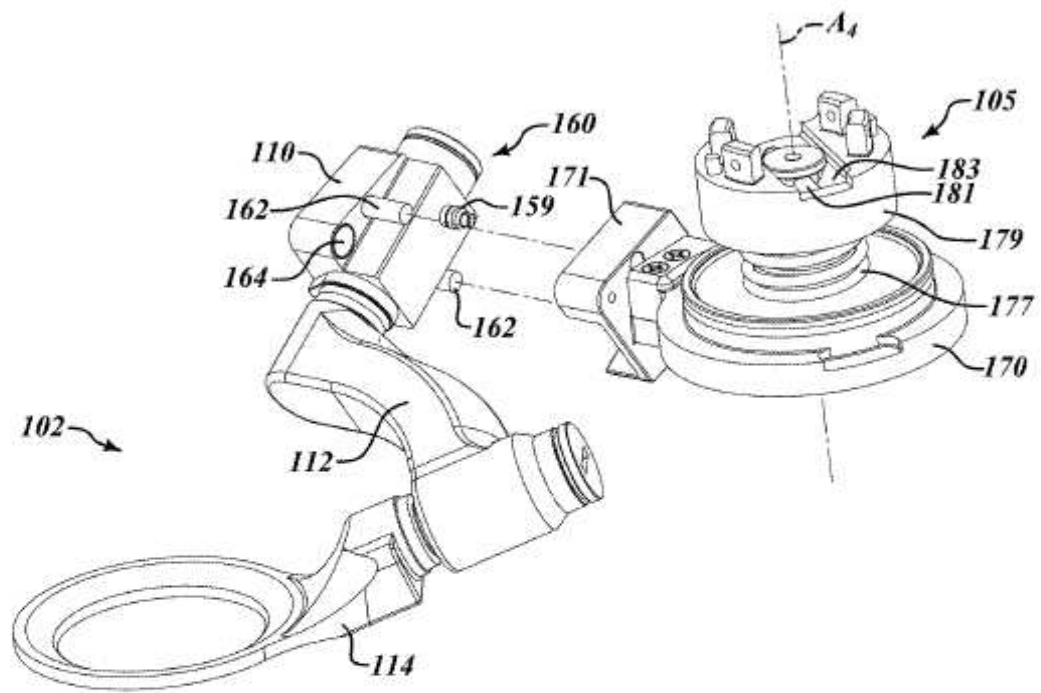
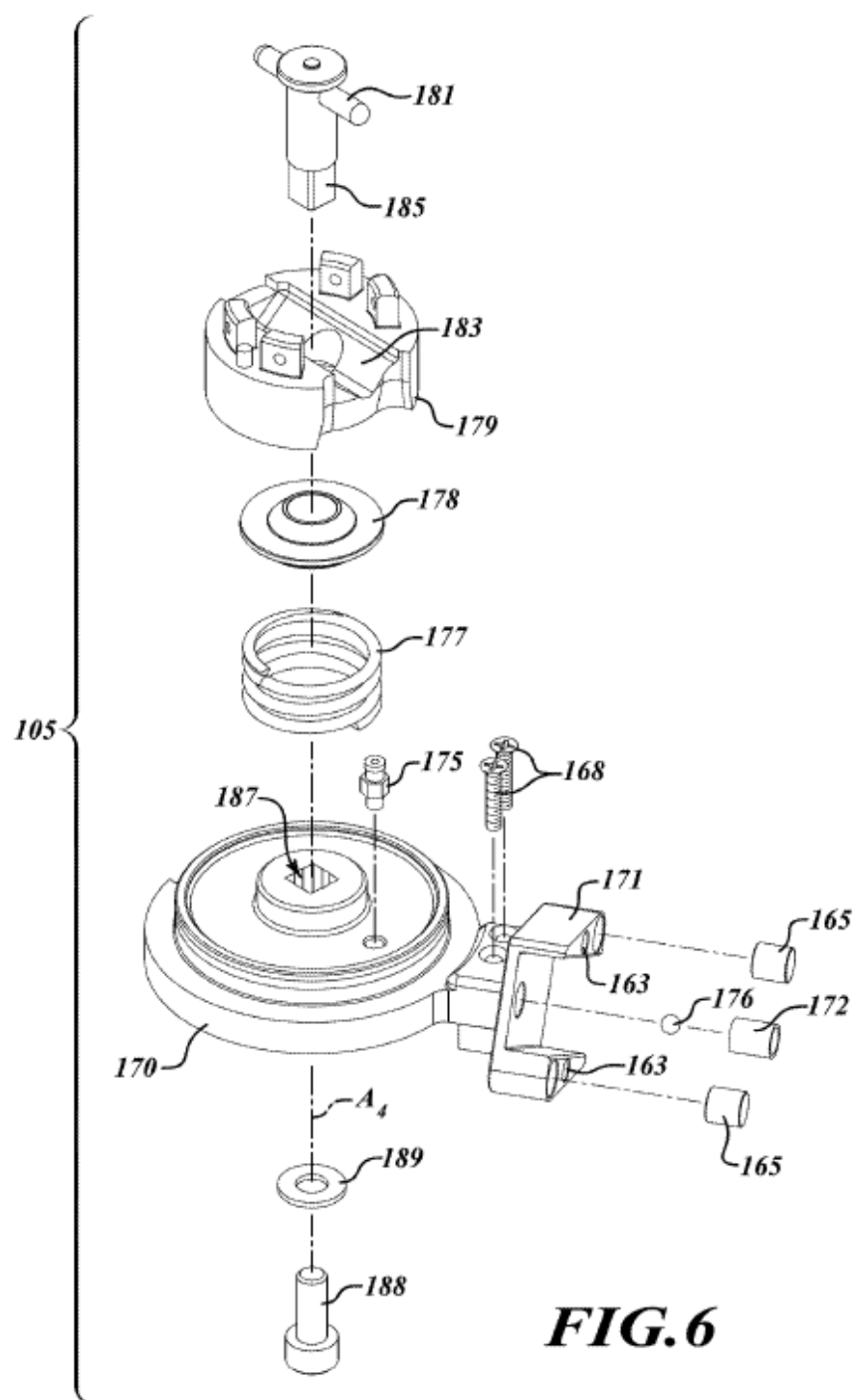


FIG.5



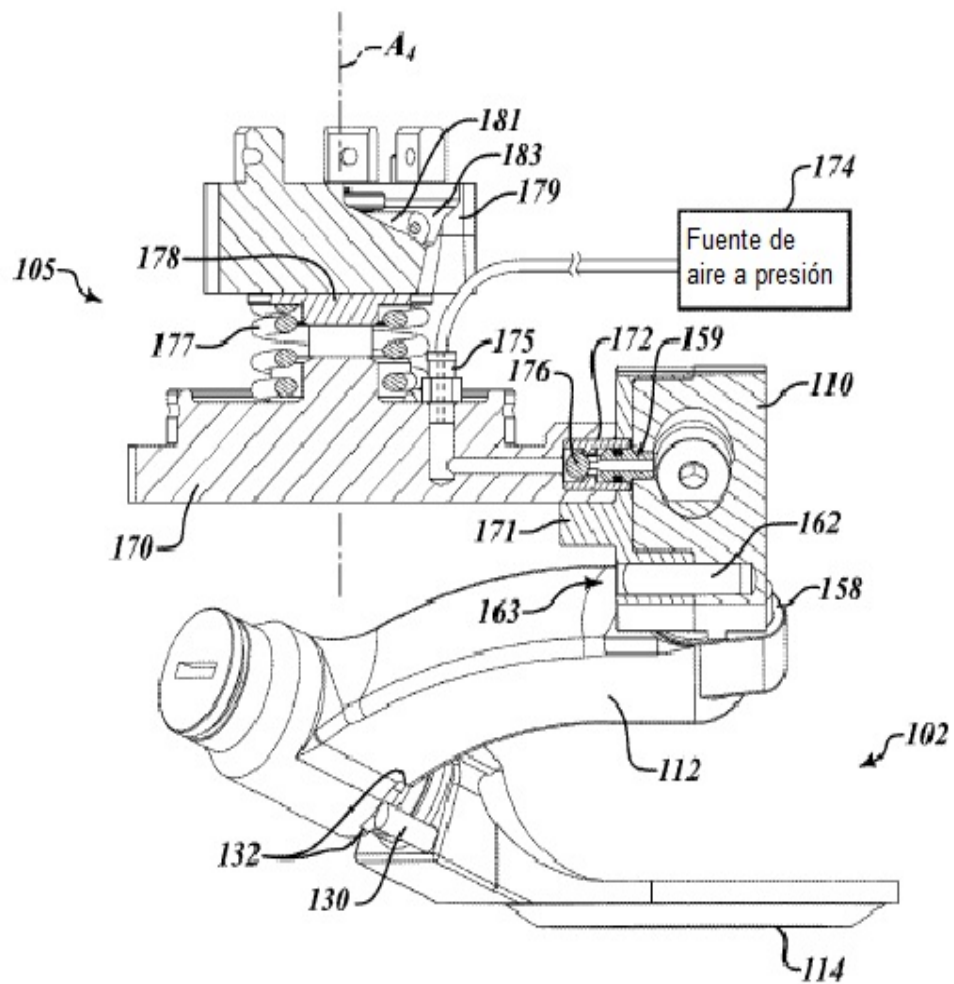


FIG. 7

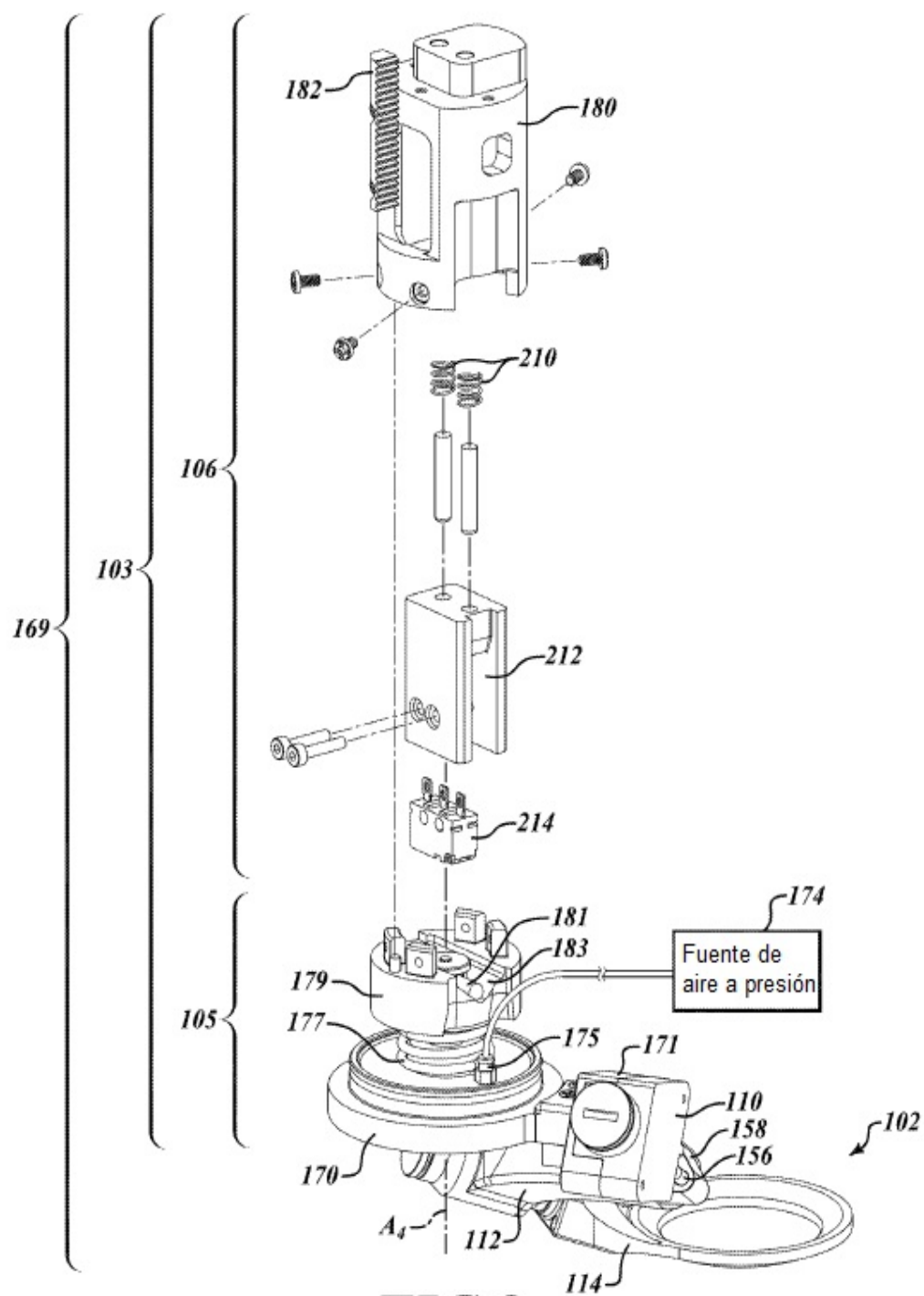


FIG.8

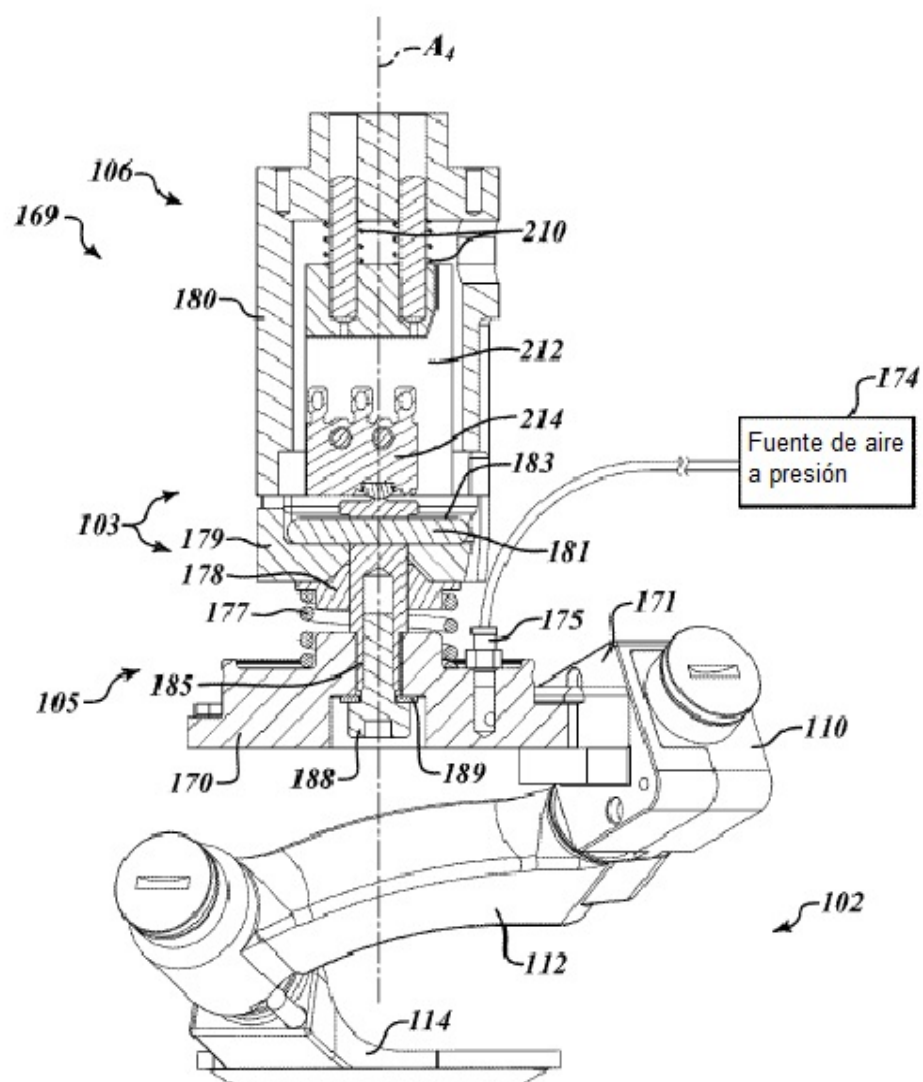


FIG. 9

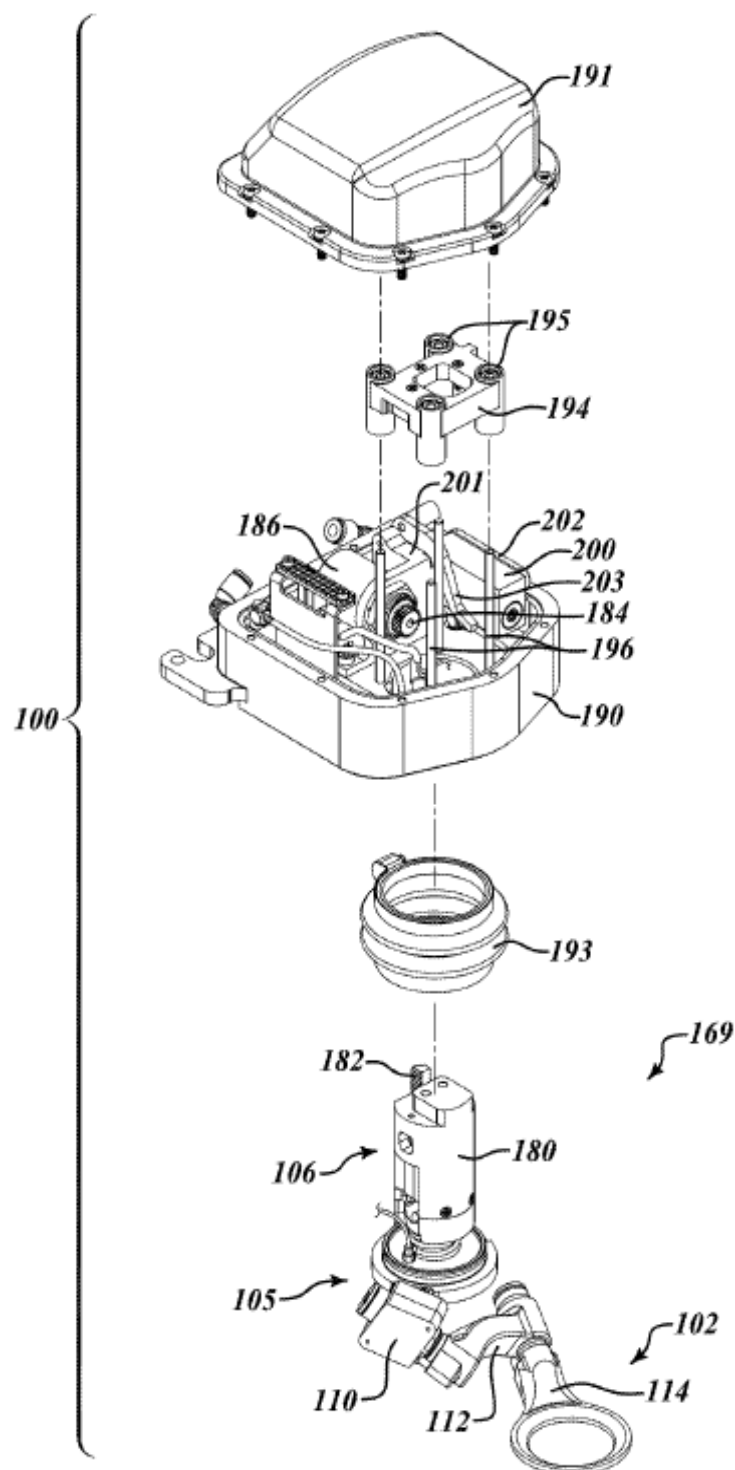


FIG.10

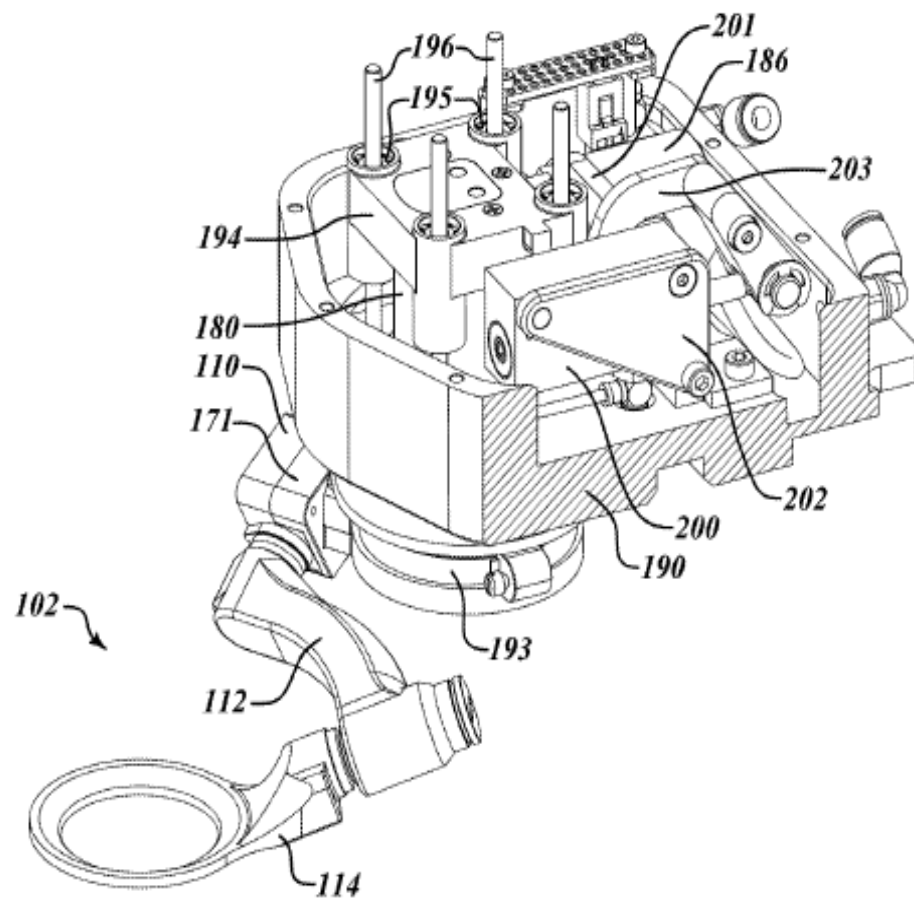


FIG.11

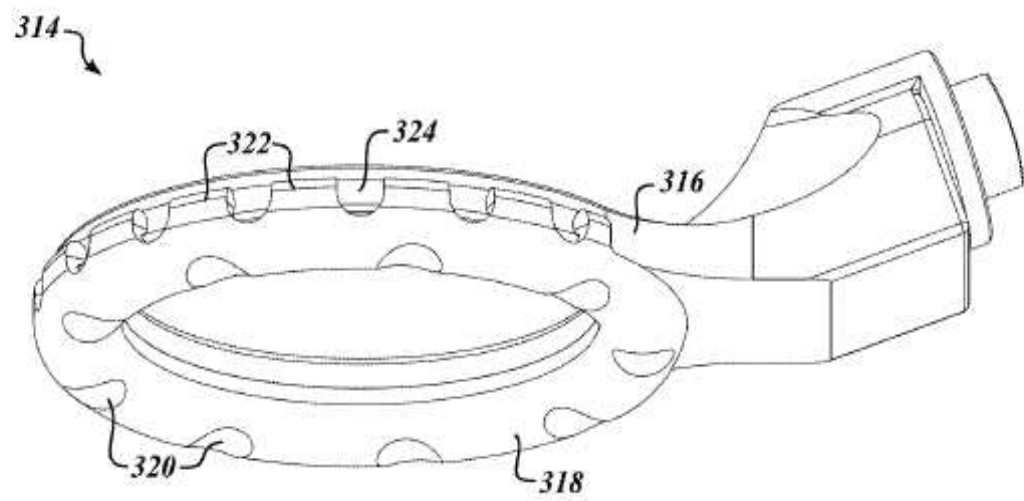


FIG. 12

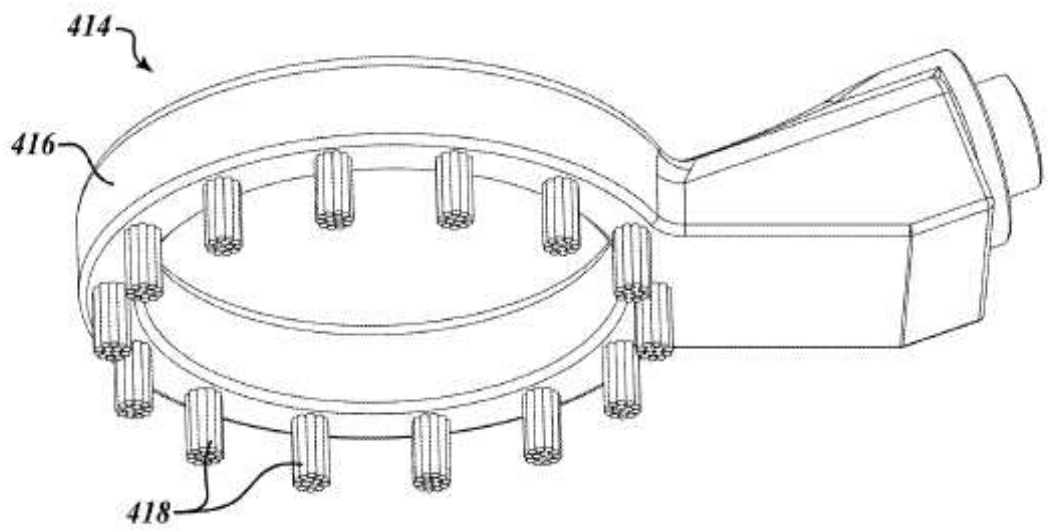


FIG. 13