



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 323 886**

(51) Int. Cl.:

G06F 15/00 (2006.01)

B23P 23/06 (2006.01)

G05B 19/29 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **05795704 .5**

(96) Fecha de presentación : **07.09.2005**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1787209**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **23.05.2007**

(54) Título: **Sistema de alimentación de afilado que tiene un control completo de la fuerza, la velocidad y la posición de alimentación, y método del mismo.**

(30) Prioridad: **07.09.2004 US 607742 P**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.07.2009

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.07.2009

(73) Titular/es: **SUNNEN PRODUCTS COMPANY**
7910 Manchester Avenue
St. Louis, Missouri 63143, US

(72) Inventor/es: **Cloutier, Daniel, R.;**
Hoth, Timothy, P. y
Jacobsmeier, Russell, L.

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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

Sistema de alimentación de afilado que tiene un control completo de la fuerza, la velocidad y la posición de alimentación, y método del mismo.

Campo técnico

Esta invención se refiere a un método y a un sistema para afilar un taladro de una pieza de trabajo. Un ejemplo de tal método y sistema se describe en el documento EP 81383 A.

Antecedentes de la técnica

Los sistemas de alimentación de afilado tradicionales pueden clasificarse en dos tipos: 1) De fuerza controlada, y 2) De velocidad controlada. En un sistema de fuerza controlada, se aplica una fuerza constante o controlada a la varilla/cuña de la herramienta de afilar. La fuerza puede ser aplicada mediante un resorte, un cilindro u otro medio. Un sistema de medición o un disparador mecánico detecta cuándo la cuña ha alcanzado un punto que bien es conocido o inferido para ser el tamaño final del taladro. En un sistema de alimentación de velocidad controlada, un motor, típicamente controlado mediante información de un codificador, mueve la varilla/cuña de alimentación a una velocidad constante o controlada. El tamaño del taladro es inferido del recuento del codificador y puede ser calibrado o compensado mediante una interfaz de usuario interactiva.

Cada tipo de sistema de alimentación tiene sus propias ventajas y limitaciones. En un sistema de alimentación de fuerza controlada una ventaja es la velocidad. Una expansión rápida, casi instantánea de las piedras de afilar hasta el punto de contacto con el taladro de la pieza de trabajo y una retracción de velocidad similar al final del ciclo de afilado son posibles. En los sistemas de fuerza constante, la elasticidad de la cuña y la del sistema de alimentación no afectan al tamaño final del taladro. No hay rotura de herramienta o desgaste abrasivo excesivo debido a fuerzas de alimentación excesivas. Y, las piezas de trabajo con menos material para quitar serán afiladas más rápidamente, es decir no se pierde tiempo mientras las piedras de afilar se expanden a una velocidad relativamente lenta (seleccionadas para cortar) en todo el intervalo de la eliminación de material anticipada máxima. Las desventajas incluyen que el tiempo del ciclo no puede ser controlado, es decir las piedras pulidas afilarán con tiempos de ciclo cada vez más largos. Y, las abrasivas hacen contacto rápido con taladros rugosos o con defecto de circularidad haciendo que la herramienta o el dispositivo de sujeción dañe y/o desgaste excesivamente las piedras abrasivas.

Ventajas de un sistema de alimentación de velocidad controlada incluyen control de tamaño electrónico y presentación de la posición de alimentación electrónica durante el ciclo sin un sistema de medición separado. Y, el tiempo del ciclo de afilado será consistente y no se verá afectado por cambios en la condición abrasiva. Las desventajas incluyen que la fuerza de la varilla de alimentación no es conocida. Las fuerzas de alimentación pueden alcanzar niveles que ponen en peligro a la herramienta, al dispositivo de sujeción o al operario. Variaciones en el tamaño del taladro preprocesado provocan una pérdida de tiempo o condiciones de rotura peligrosas. El proceso de afilado puede empezar con la herramienta de afilar en algún tamaño inicial. Esta posición debe ser establecida para algún punto ligeramente menor que el menor tamaño de taladro preprocesado anticipado. Afilado una pieza de trabajo con un tamaño de taladro inicial mayor debe por lo tanto incluir algún tiempo de "corte al aire" desperdiciado. Cualquier pieza de trabajo con un tamaño de pieza de trabajo inicial que sea menor que el tamaño de herramienta inicial será impactada violentamente puesto que el abrasivo se alimenta en la pieza de trabajo con toda la fuerza durante la rápida expansión de la herramienta hasta el tamaño de inicio. Es probable que tal impacto dañe la herramienta o la pieza de trabajo. Y, puesto que la fuerza en la varilla/cuña de alimentación no es conocida la elasticidad de esos elementos así como la elasticidad de todo el sistema introduce un error cuando se infiere el tamaño de herramienta a partir de la posición del codificador.

En todos los tipos de sistemas de alimentación de afilado es deseable que la posición de alimentación (es decir, la posición de las piedras abrasivas) sea conocida durante el proceso de afilado. Si el sistema de afilado no incluye algún medio de medición de taladro durante el proceso, entonces conocer la posición de alimentación con exactitud es esencial para determinar cuándo se ha alcanzado el tamaño de herramienta final deseado. La mayoría de las máquinas de afilar usan algún tipo de codificador u otro transductor de posición en el sistema de alimentación para inferir la posición de alimentación.

Para cada aplicación de afilado, un rendimiento óptimo (determinado por la calidad del taladro y el coste por taladro) requerirá que la herramienta de afilar opere dentro de unos límites de fuerza de alimentación y de velocidad de alimentación. Además, es posible que los valores óptimos de esos parámetros sean diferentes en distintas etapas del ciclo de afilado. No es posible controlar exactamente tanto la fuerza de alimentación como la velocidad de alimentación. Las muchas variables que afectan al rendimiento del afilado harán que uno de esos dos parámetros varíe cada vez que el otro es controlado exactamente. No obstante, existen ventajas significativas para un sistema de alimentación que monitoree constantemente el parámetro no controlado y que use después esa información para ajustar el parámetro controlado, para cambiar el método de control, o más exactamente determinar la posición de las piedras abrasivas.

Existen ya algunos sistemas híbridos, pero carecen del completo control de la invención propuesta como se describe a continuación:

Se hace referencia para ello al documento U.S. Pat. No. 3.849.940 (Yoshino *et al.*, Honing Machine) que describe un sistema de alimentación que contiene tanto un sistema de fuerza constante como un sistema de velocidad constante

mecánicamente acoplados de tal manera que el más rápido de los dos sistemas controlará la expansión de las piedras de afilar. No obstante, si el sistema de velocidad constante es el que controla, entonces no hay medio de medir la fuerza de alimentación o de corregir los errores del taladro provocados por variaciones en la fuerza de alimentación. Además, no es posible seleccionar el sistema más lento cuando se desea hacerlo, por ejemplo para mejorar la geometría del taladro al final del ciclo de afilado.

El documento U.S. Pat. No. 4.187.644 (Fitzpatrick, Dual Feed Apparatus for Multiple Spindle Honing Machine) describe un sistema de alimentación en el que un cilindro (sistema de fuerza constante) expande piedras hasta el punto en el que entran en contacto con el taladro de la pieza de trabajo y a continuación el control de alimentación conmuta a un mecanismo de velocidad constante. No obstante, este sistema no incluye ningún medio para medir la fuerza de alimentación o de corregir errores provocados por variaciones en la fuerza de alimentación. Además, no es posible seleccionar el sistema de fuerza controlada para otra cosa que no sea la rápida expansión inicial de las piedras.

El documento U.S. Pat. 4.397.658 (Vanderwal, Feed Control For Honing or Like Machines) describe un dispositivo de amortiguación mediante aceite para proporcionar una velocidad de alimentación inicial más lenta o incluso una velocidad de alimentación constante para todo el ciclo de afilado. Sin embargo, esto no incluye ningún medio para medir la fuerza de alimentación o para corregir errores del taladro provocados por variaciones en la fuerza de alimentación.

El documento U.S. Pat. No. 4.679.357 (Richter *et al.*, Method and Apparatus for Displacing a Honing Tool) describe un sistema de alimentación en el que se impone un límite de valor inferior en el par de torsión en un control de motor de alimentación de manera que las piedras pueden ser alimentadas inicialmente de manera muy rápida hasta el punto de contacto con el taladro, y por lo tanto se permite un límite de par de torsión mayor para el afilado. El límite del par de torsión del motor es aproximadamente equivalente a un límite en la fuerza de alimentación, aunque las ineficiencias mecánicas limitan la exactitud del uso de límites de par de torsión como límites de la fuerza de alimentación. Este sistema no incluye tampoco un medio para medir la fuerza de alimentación o para corregir errores del taladro provocados por variaciones en la fuerza de alimentación. Parece también no haber medio para controlar la alimentación de afilado hasta una fuerza de alimentación deseada aparte meramente de evitar que la fuerza de alimentación exceda algún límite.

El documento European Pat. No. 0081383 (Fox, Improvements Related to Honing) reivindica un sistema de control que usa información procedente de un medio para monitorizar la posición y la velocidad de alimentación y un medio para monitorizar la fuerza de alimentación. Sin embargo, los detalles de la patente describen sólo un sistema de alimentación hidráulico con un codificador de posición. En tal sistema, la fuerza de alimentación es inferida mediante medición de la presión hidráulica y está sujeta a errores tales como el inducido a partir de las fuerzas de fricción entre el pistón hidráulico y su taladro. Aunque la patente se refiere a un medio para monitorizar la fuerza y la posición, el uso de una célula de carga electrónica para medir directamente la fuerza de alimentación no se ha mencionado.

El documento European Pat. No. EP 0 575 675 B1 (Grimm, *et al.*, Method and Machine for Finishing a Bore in a Work Piece) usa un dispositivo de medición de fuerza de alimentación pero sólo con el propósito de determinar el punto de extremo de objetivo (posición final del codificador) para el proceso de afilado expandiendo la herramienta de afilar en un anillo de tamaño calibrado con una fuerza de alimentación equivalente a la medida en la pieza de trabajo previamente terminada. De una manera limitada esto compensa errores provocados por la elasticidad de la pieza de trabajo y de los componentes del sistema de alimentación, pero como la compensación es una corrección estática basada en mediciones de fuerza en la pieza de trabajo previa, no describe ningún medio para corregir dinámicamente variaciones encontradas con la pieza de trabajo que está siendo afilada en ese momento. Se basa en la asunción de que cada pieza de trabajo es virtualmente idéntica a la pieza de trabajo previa en lo que respecta a la dureza y a la cantidad de material que se le ha de quitar. Sin embargo, en la mayoría de las aplicaciones, esta asunción no puede hacerse de manera segura. También, este método no hace ninguna sugerencia de que la fuerza de alimentación de afilado pueda ser controlada a través del ciclo de afilado.

En todas las patentes de la técnica anterior referenciadas anteriormente parece no existir ningún método para corregir dinámicamente en tiempo real errores en la inferencia del tamaño del taladro que aparecen debido a variaciones en la fuerza de alimentación. También, ninguna de las patentes de la técnica anterior referenciadas proporciona al usuario de la máquina de afilar la capacidad de elegir entre el modo de velocidad controlada y el modo de fuerza controlada o de programar un ciclo de afilado para conmutar entre los dos modos de una manera que pueda optimizar el rendimiento.

De acuerdo con esto, lo que se ha buscado es un sistema de alimentación para una máquina de afilar que proporcione una capacidad de corregir dinámicamente en tiempo real errores en el tamaño del taladro inferido provocados por variaciones en la fuerza de alimentación, proporcione al usuario la capacidad de elegir entre modos de afilado de velocidad y de fuerza controladas, y que evite una o más desventajas e inconvenientes de los sistemas de la técnica anterior establecidos anteriormente.

Compendio de la invención

La invención proporciona un método que tiene las características de la reivindicación 1 y un sistema que tiene las características de la reivindicación 22.

Lo que se describe es un sistema de alimentación para una máquina de afilar que proporciona una capacidad de corregir dinámicamente en tiempo real errores en el tamaño de taladro inferido provocados por variaciones en la fuerza de alimentación, y un método de operación del mismo, que permite a un usuario seleccionar entre modos de afilado controlados por velocidad y por fuerza, que proporciona una o más de las ventajas de ambos tipos de sistemas de alimentación explicados anteriormente, y que evita una o más de las desventajas e inconvenientes de los sistemas explicados anteriormente. Se anticipa que tal sistema de alimentación tiene una amplia aplicación para muchos tipos de herramientas de afilar y mejora la productividad de muchas aplicaciones de afilado. El sistema proporciona también capacidades para una detección de la pared del taladro automática rápida, compensación de la elasticidad de elementos del sistema de alimentación y de la herramienta de afilar y protección automática de la herramienta.

De acuerdo con un aspecto preferido de la invención, un sistema básico incluiría una varilla de alimentación u otro elemento de alimentación que es empujado (o del que se tira) mediante un tornillo de avance o un tornillo de bolas arrastrados por un motor de alimentación u otro accionador, con un dispositivo para determinar una posición del elemento de alimentación, tal como un codificador. Un reductor de engranaje, u otro mecanismo y/o control, pueden estar acoplados con el motor o con otro accionador para alcanzar el par de torsión, velocidad y resolución de posición requeridos por las especificaciones del sistema. En la interfaz o junta entre la varilla de alimentación y el tornillo (o tuerca) habría una célula de carga o algún otro medio para medir directamente la fuerza de la varilla de alimentación. El motor podría ser controlado por la velocidad de alimentación o el motor podría ser controlado usando información procedente de la célula de carga para mantener una fuerza de alimentación constante durante el afilado. Un control por ordenador más sofisticado podría tener el sistema de alimentación de acuerdo con un perfil programado de las velocidades de alimentación, fuerzas de alimentación o una combinación de ambas.

En el modo de control de velocidad de alimentación de la invención, el sistema es operable automáticamente para mantener al motor moviéndose a una velocidad constante o controlando la velocidad de acuerdo con algún perfil programado que es función de la posición de alimentación. En el modo de control de fuerza, el sistema mantiene automáticamente al motor de alimentación moviéndose de una manera que la fuerza de alimentación se mantiene constante o sigue algún perfil programado que es función de la posición de alimentación. Los perfiles podrían ser determinados alternativamente como función de otro parámetro, tal como la carga del husillo.

El sistema de la invención permite también que estos dos modos básicos se combinen dentro de un ciclo de afilado, por ejemplo afilado a una velocidad controlada hasta que se cumpla alguna condición y a continuación una fuerza controlada hasta que el taladro tenga su tamaño final. Además el sistema permite un elevado grado de flexibilidad en la programación del control de alimentación. Parámetros tales como la velocidad de alimentación, fuerza de alimentación, par de torsión del husillo o carga, tiempo, número de golpes de reciprocidad, temperatura de la pieza de trabajo, y otros pueden usarse en la lógica de control en tiempo real que adapta el parámetro de alimentación controlada o incluso cambia el método de control de alimentación de una manera programada simple o compleja.

Ejemplos de situaciones de aplicación típicas que pueden ser resueltas por el sistema de la invención incluyen piezas de trabajo que son muy rugosas o con defecto de circularidad procedentes del proceso previo. Para resolver este problema, el sistema puede establecer automáticamente una velocidad de afilado inicial que es muy lenta para hacer contacto inicial con el taladro lo más suavemente posible. Cuando el taladro ha sido mejorado suficientemente de manera que el peligro de un afilado más rápido ha pasado, como se ha determinado automáticamente bien mediante una ralentización de la velocidad de alimentación o bien por el paso de una cierta cantidad de tiempo, entonces el control de la máquina puede aumentar automáticamente la velocidad de alimentación o conmutar a un modo de alimentación de fuerza controlada.

Otro problema que puede ser resuelto o evitado es la distorsión de las piezas de trabajo que no tienen secciones transversales uniformes. El sistema puede operar automáticamente para eliminar material inicialmente a una fuerza o velocidad de alimentación relativamente elevada, y a continuación, a alguna distancia predeterminada antes de alcanzar el tamaño final, la fuerza o la velocidad pueden ser automáticamente reducidas hasta un valor que relaje la distorsión de la pieza de trabajo y permita mejorar la forma cilíndrica del taladro.

La velocidad de alimentación o la fuerza de alimentación pueden ser también reducidas automáticamente hasta un valor muy bajo al final del ciclo sólo durante un breve periodo de tiempo o sólo durante unos pocos golpes para mejorar el acabado de la superficie resultante más allá del intervalo normal del tamaño de arena abrasiva usado.

También, el sistema puede adaptarse automáticamente en respuesta a cambios en la condición de los elementos de afilado tal como cuando las piedras de afilar son pulidas. Monitorizando automáticamente el tiempo del ciclo o la velocidad de alimentación, esta condición puede ser detectada y el sistema puede tomar la decisión de aumentar o disminuir la fuerza de alimentación hasta que la condición no deseada se haya corregido.

El sistema puede también detectar automáticamente cuándo una o más piedras abrasivas se han desgastado completamente, bien mediante un aumento de la fuerza de alimentación inusual o bien mediante un tiempo de ciclo excesivo.

Aun más, la capacidad de compensación de la elasticidad automática del sistema es útil cuando se desea una velocidad de alimentación substancialmente constante, para detectar y compensar automáticamente desviaciones en el sistema de alimentación que producen variaciones en la velocidad de alimentación verdadera de las piedras abrasivas.

Un valor para la elasticidad del sistema puede ser determinado en cualquier momento durante el proceso de afilado, para permitir la compensación de cambios graduales en los elementos del sistema.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en perspectiva simplificada de una máquina de afilar que incluye un sistema de alimentación de acuerdo con la invención;

la Fig. 2 es una representación esquemática simplificada de los elementos de la máquina de afilar de la Fig. 1;

la Fig. 3 es una representación esquemática simplificada de los elementos del sistema de alimentación de la invención;

la Fig. 4 es una representación gráfica simplificada de la fuerza de alimentación en función de la posición del codificador para el sistema de alimentación de la invención;

la Fig. 5 es una representación en diagrama que muestra las etapas de un método de la invención para el ajuste de la máquina;

la Fig. 5a es una continuación de la Fig. 5;

la Fig. 6 es una representación en diagrama que muestra las etapas de un método para la operación de la máquina;

la Fig. 6a es una continuación de la Fig. 6; y

la Fig. 7 es una representación esquemática simplificada de un accionador de alimentación para el sistema de la invención.

Descripción detallada de la invención

En referencia ahora a los dibujos en los cuales se muestra una realización preferida de un sistema de alimentación y método de operación de la misma, en la Fig. 1, se muestra una máquina de afilar 10 controlada por ordenador representativa que incluye aspectos del sistema de alimentación de acuerdo con la presente invención. La máquina de afilar 10 incluye generalmente un carro de husillo 12 que es movable en una acción de golpeo recíproco, indicada por la flecha A, mediante un sistema de movimiento lineal tal como un mecanismo de conexión mediante leva accionado por motor convencional, o un tornillo de bolas, tornillo de guía, servomotor lineal, piñón cremallera, cilindro hidráulico, cadena, o correa, bajo control de un controlador 38 principal basado en el proceso. Aquí, el carro 12 se muestra soportado por acción de golpeo recíproca en una dirección vertical, pero debe entenderse que un golpeo en otras direcciones se contempla también bajo la presente invención. El carro de husillo 12 incluye una herramienta de afilar 14, que puede ser de construcción y operación convencional o nueva, que incluye generalmente un mandril alargado que lleva uno o más elementos de afilado tales como piedras o palos abrasivos que pueden ser movidos radialmente hacia fuera y hacia dentro con respecto al mandril, y que desgastan y afilan una superficie de una pieza de trabajo en la cual la herramienta 14 es insertada, mientras la herramienta 14 es girada, como se indica mediante la flecha B. En una aplicación típica, mientras el carro del husillo 12 es golpeado recíprocamente hacia arriba y hacia abajo, como se indica mediante la flecha A, la herramienta de afilar 14 girará en una dirección o en la otra, como se indica mediante la flecha B, dentro de un agujero o taladro de la pieza de trabajo, para proporcionar un tamaño deseado, acabado superficial y/o forma a una o más superficies que definen el taladro o agujero.

En referencia también a la Fig. 2, se muestra una representación esquemática simplificada de un posible aparato de golpeo de la máquina de afilar 10. Aquí, la herramienta 14 se muestra insertada dentro de un taladro 18 de una pieza de trabajo 20 soportada en un dispositivo de sujeción 22 de la máquina 10, para afilar una superficie interna 24 de la pieza de trabajo 20 que define el taladro 18. La herramienta de afilar 14 está soportada mediante un husillo 26 que puede girar mediante la rotación indicada por la flecha C, y el movimiento recíproco indicado mediante la flecha A efectuado mediante un mecanismo 16 de accionamiento del tornillo de bolas, para efectuar el afilado deseado de la superficie 24 de la pieza de trabajo 20. El husillo 26 puede girar accionado por un accionador 28 de una manera bien conocida. La herramienta de afilar 14 es expandida y retraída radialmente mediante un arrastre 86, bajo el control de un sistema de alimentación 30 de la invención, como se explicará a continuación. El husillo 26 que soporta la herramienta 14, así como el accionador 28 y los elementos del arrastre 86, están soportados en un soporte de husillo 32 conectado con una tuerca de bolas 34 de un tornillo de bolas 16, de manera que puede moverse longitudinalmente a lo largo del tornillo de bolas 16, lo que se lleva a cabo mediante la rotación de un servo motor 36 en conexión con el mismo. El tornillo de bolas 16 puede girar de manera precisa mediante el servo motor 36, siendo el número de rotaciones y la posición rotacional del mismo detectables de manera precisa por un codificador u otro sensor (no mostrado). La tuerca de bolas 34 es movida longitudinalmente a lo largo del tornillo de bolas 16 mediante la rotación del mismo, y a partir del recuento de rotaciones del tornillo de bolas 16 se determina la posición longitudinal de la tuerca de bolas 34. El servo motor 36 es controlable mediante un controlador 38 principal basado en un procesador para golpear el carro del husillo 12 y la herramienta de afilar 14, como se desea o requiere para alcanzar un parámetro o parámetros deseados. Aquí debe observarse que se considera también que el tornillo de bolas 16 podría ser substituido por cualquier otro medio de rotación para una conversión de movimiento lineal (por ejemplo piñón cremallera), o que el motor, codificador

ES 2 323 886 T3

y tornillo de bolas juntos podrían ser substituidos por un motor lineal y un codificador lineal, o por cualquier otro sistema para proporcionar movimiento lineal controlado en posición.

Volviendo al sistema de alimentación 30 de la invención, en la Figura 3, se muestra una posible realización de un arrastre de alimentación 86. Un motor de alimentación 40 del arrastre 86 está conectado a (o es integral con) un codificador 42. Si se necesita proporcionar las características deseadas al par de torsión de salida, la velocidad de salida, y el recorrido lineal por recuento del codificador, un reductor de engranaje 44 puede ser unido al árbol del motor de alimentación 40. El árbol de salida del reductor de engranaje está conectado con el conjunto del tornillo de bolas 46 mediante un acoplamiento 48. El conjunto del tornillo de bolas 46 resiste el movimiento axial por medio del rodamiento de bolas 50 mantenido en un alojamiento 52 del sistema de alimentación. (El alojamiento 52 del sistema de alimentación puede consistir en varias piezas como las requeridas por facilidad de fabricación y ensamblaje). El tornillo de bolas acopla una tuerca de bolas 54 que está unida a un portador 56 de tuerca de bolas. Se evita que el portador 56 de tuerca de bolas gire mediante un polarizador 58 que se acopla en una ranura 60 en el alojamiento 52 del sistema de alimentación. La rotación del motor 40 de alimentación y subsiguientemente del árbol de salida del reductor de engranaje 44 hace que el tornillo de bolas gire, lo que a su vez imparte un movimiento lineal a la tuerca de bolas 54 y a su portador 56. El polarizador 58, en esta realización, es integral con un retenedor 62 que tiene un bolsillo para alojar un disco 64 redondo. El disco 64 redondo está unido a un extremo roscado de una célula de carga 66. El bolsillo tiene una cantidad muy pequeña de holgura con el disco 64 redondo para alinearse con los componentes que están más abajo sin crear tensiones no deseadas en la célula de carga 66. La célula de carga 66 está fijada a una varilla 68 de alimentación no giratoria, a la que no se le permite girar mediante un polarizador 70 que se acopla también a la ranura 60 mencionada previamente en el alojamiento 52 del sistema de alimentación. La varilla 68 de alimentación no giratoria está unida a un tubo que sujeta una disposición de rodamientos 72 de contacto angular. Las guías giratorias de los rodamientos 72 están unidas a una varilla 74 de alimentación giratoria. La varilla 74 de alimentación giratoria está acanalada o polarizada por algún medio de manera que girará con el árbol 76 del husillo de la máquina de afilar y permite así un movimiento axial relativo entre el árbol 76 del husillo y la varilla 74 de alimentación. El árbol 76 del husillo mantiene a la herramienta de afilar 14 que contiene una cuña 78 para expandir los elementos de afilado 80 abrasivos en el taladro de la pieza de trabajo 20. La cuña 78 está unida a la varilla 74 de alimentación y se le permite moverse axialmente con la varilla 74 de alimentación mientras que a la herramienta 14 se le restringe el movimiento axial mediante su conexión al árbol 76 del husillo. Este movimiento axial relativo de la cuña 78 y la herramienta 14 crea el movimiento de expansión/retracción de los elementos 80 de afilado abrasivos. El alojamiento 52 del sistema de alimentación y el árbol 76 del husillo están los dos conectados al carro 12 (Figuras 1 y 2) que los golpea a la vez para generar la reciprocidad axial del proceso de afilado.

La fuerza axial de la cuña 78 para expandir los elementos de afilado 80 es desarrollada a partir del par de torsión por el tornillo y la tuerca de bolas y es a continuación transmitida a través de la célula de carga 66 a la varilla 74 y a la cuña 78 de alimentación. La célula de carga 66 analiza siempre por lo tanto la fuerza de alimentación axial completa del proceso de afilado. El cable 82 de la célula de carga es llevado a través de un portador de cable a un amplificador 84 (si se requiere). La potencia hacia y las señales desde la célula de carga 66 corren a través de este cable 82 y del amplificador 84 hasta un control 146 de alimentación basado en un procesador y un servo controlador 148 del arrastre de alimentación 86, en conexión con el motor 40 y el codificador 42 del arrastre 86. El control de estos dispositivos como se describe en los métodos que siguen proporciona señales que controlan de manera precisa el movimiento del motor 40 de alimentación.

Existen dos métodos básicos de control de alimentación. El primero es control por velocidad de alimentación, en el que el sistema de control mantiene el motor 40 de alimentación moviéndose a una velocidad constante o controlando la velocidad de acuerdo con algún perfil programado que es al menos parcialmente función de la posición de alimentación. El segundo método básico de control de alimentación es por control de fuerza, en el que el sistema de control mantiene el motor 40 de alimentación moviéndose de manera tal que la fuerza de alimentación se mantiene constante o sigue algún perfil programado que es al menos parcialmente función de la posición de alimentación.

El control mediante ordenador permite también que estos dos métodos básicos se combinen dentro de un ciclo de afilado, por ejemplo de afilado a una velocidad controlada hasta que se cumple alguna condición y a continuación de afilado a una fuerza controlada hasta que el taladro alcanza su tamaño final. Además el control por ordenador permite un elevado grado de flexibilidad en la programación del control de alimentación. Parámetros tales como la velocidad de alimentación, la fuerza de alimentación, el par de torsión del husillo, tiempo, número de golpes de reciprocidad, temperatura de la pieza de trabajo, y otros pueden usarse en la lógica de control en tiempo real que adapta el parámetro de alimentación controlado o incluso cambia el método de control de alimentación de una manera programada simple o compleja. Los siguientes ejemplos son situaciones de aplicación típicas que pueden ser resueltas realizando la programación de esta manera.

Las piezas de trabajo que son muy rugosas o con defecto de circularidad procedentes del proceso previo pueden crear impactos peligrosos cuando la velocidad de afilado está ajustada demasiado elevada. Puede ajustarse una velocidad de afilado inicial muy baja para hacer contacto inicial con el taladro lo más suavemente posible. Cuando el taladro se limpia suficientemente para que el peligro de un afilado más rápido haya pasado, como se determina bien por una disminución de la velocidad de afilado o por el paso de una cierta cantidad de tiempo, entonces el control de la máquina puede aumentar la velocidad de alimentación o conmutar al modo de alimentación controlado por fuerza.

Las piezas de trabajo que tienen secciones transversales no uniformes tienden a distorsionarse bajo fuerzas de alimentación elevadas. La mayoría del material puede ser eliminado a una fuerza de alimentación relativamente elevada y a continuación a una cierta distancia predeterminada antes de alcanzar el tamaño final la fuerza o la velocidad pueden ser reducidas hasta un valor que relaja la distorsión de la pieza de trabajo y permite mejorar la forma cilíndrica del taladro.

La velocidad de alimentación o la fuerza de alimentación pueden ser reducidas hasta un valor muy bajo al final del ciclo sólo durante un breve periodo de tiempo o sólo durante unos pocos golpes para mejorar el acabado superficial resultante más allá del intervalo normal del tamaño de arena abrasiva que se está usando. Esto permite a veces usar una arena más gruesa para una eliminación del material más rápida y aun así alcanzar los requisitos de acabado.

Durante el proceso de afilado la superficie de las piedras abrasivas puede cambiar de condición, variando de un corte abierto y libre a uno pulido. Monitorizando el tiempo del ciclo o la velocidad de alimentación, esta condición puede ser detectada y el sistema de control puede tomar la decisión de aumentar o disminuir la fuerza de alimentación hasta que la condición no deseable haya sido corregida.

Cuando una o más piedras abrasivas se han desgastado completamente, este sistema puede detectar esa condición bien mediante un aumento inusual de la fuerza de alimentación o bien por un tiempo de ciclo excesivamente largo.

Si se desea una velocidad de alimentación verdaderamente constante, el sistema de control puede compensar las desviaciones del sistema de alimentación que producen variaciones en la velocidad de alimentación verdadera en las piedras abrasivas. (Véase Compensación de la Elasticidad a continuación).

En ciertas aplicaciones puede ser ventajoso mantener un nivel constante o de acuerdo con un perfil del par de torsión del husillo. Esto puede lograrse mediante información procedente del accionador del husillo para controlar el movimiento del motor de alimentación. En tal aplicación la fuerza de alimentación no está controlada y puede variar. La presente invención compensará errores de tamaño del taladro debidos a la elasticidad del sistema.

Como con otros sistemas de control de afilado existentes, este sistema puede incluir características tales como compensación automática del desgaste de la piedra, ajuste manual del tamaño del taladro y/o integración con una galga de proceso interno o del post-proceso para compensar el desgaste abrasivo y para mejorar la forma cilíndrica del taladro.

Además de éstos y de muchos otros esquemas de control útiles, la monitorización continua del ordenador en tiempo real y el control de la fuerza de alimentación y de la posición de alimentación, integrada con el control de la máquina de afilar permite tres nuevas características que mejoran el rendimiento: detección automática de la pared del taladro, compensación de la elasticidad y protección automática de la herramienta.

Detección Automática de la Pared del Taladro

Antes del inicio del ciclo de afilado la herramienta de afilar ha sido retraída hasta un tamaño que permite una entrada fácil dentro del taladro. Si el ciclo de afilado empieza entonces con el motor de alimentación moviéndose a la velocidad de alimentación de afilado pueden transcurrir varios segundos con "corte al aire" antes de que el abrasivo empiece realmente a entrar en contacto con la pared o la superficie del taladro. Para minimizar esto, a menudo la herramienta es expandida rápidamente hasta un tamaño justo inferior al menor taladro de la pieza de trabajo esperado antes de disminuir la velocidad de afilado. No obstante, los taladros de pre-proceso típicamente varían de manera considerable en tamaño y los que son mayores que el menor tamaño esperado serán todavía una pérdida de tiempo, puesto que la herramienta de afilar se mueve lentamente desde esa posición hasta el punto de contacto. También, si un taladro de pre-proceso es menor que el menor taladro esperado, entonces la piedra será alimentada en la pared del taladro a una mayor tasa de velocidad. El impacto podría dañar bien la herramienta o bien el abrasivo o bien el dispositivo de sujeción de la pieza de trabajo.

Controlar el afilado a una fuerza de alimentación puede eliminar el tiempo perdido, pero si el diámetro de la herramienta retraída es demasiado menor que el tamaño de taladro el sistema de alimentación puede tener demasiada distancia para acelerar las piedras bajo ninguna carga y cuando alcanzan la pared del taladro tienen suficiente velocidad para crear un impacto. De nuevo, el impacto podría dañar bien la herramienta o bien el abrasivo o bien el dispositivo de sujeción de la pieza de trabajo.

El impacto de alta velocidad de las piedras con la pared del taladro es potencialmente dañino porque el husillo está girando y las piedras inmediatamente agarran la pieza de trabajo en contacto. Si el husillo no está girando, entonces las máquinas de afilar sin ningún dispositivo de medición de fuerza de alimentación no tienen modo de detectar cuándo se ha establecido contacto con la pared del taladro. Por lo tanto, en el pasado existía la necesidad de tener el husillo girando cuando el sistema de alimentación estaba en una fase de alimentación rápida.

Con la presente invención, sin embargo, el husillo puede permanecer fuera mientras que el sistema de alimentación se mueve a una mayor tasa de velocidad. El contacto con la pared o con la superficie del taladro se ve por un aumento inmediato de la fuerza de alimentación medida. En ese punto la posición de alimentación es retraída muy ligeramente hasta justo eliminar la presión de las piedras contra la pared del taladro y entonces el husillo empieza a moverse y el

ciclo de afilado puede empezar sin tiempo perdido por “corte al aire”. La alta velocidad del motor de alimentación y la rápida respuesta del sistema de control permiten que esta etapa tenga lugar en un periodo de tiempo muy breve, mucho menor que el tiempo que se necesitaría para hacer que las piedras se aproximen de manera segura a la pared del taladro. Puesto que el husillo no está girando, el impacto puede tener lugar a gran velocidad sin peligro de daño para la herramienta o para la pieza de trabajo (excepto posiblemente cuando se utilizan herramientas inusualmente delicadas).

Un beneficio adicional de este método es que el sistema de control es capaz de determinar o identificar la información del codificador representativa del tamaño del taladro en el momento del impacto. Si un taladro se ve ya más grande que el tamaño de afilado terminado entonces el sistema de control puede responder de acuerdo con esto para alertar al operario o quitar automáticamente la pieza defectuosa de la línea de trabajo.

Compensación-Medición de la Elasticidad e Información para Mejorar la Precisión del Control del Tamaño

Si la fuerza de alimentación no se mantiene a un valor constante de un ciclo al siguiente, la diferencia en la fuerza de alimentación provoca grados de desviación diferentes de todos los componentes del sistema de alimentación, incluyendo la herramienta, cuña y pieza de trabajo. Esta variación en la compresión del sistema (o tensión para herramientas del tipo de tirar) añade un error a los resultados del control del tamaño cuando la posición del codificador se usa como medio para conocer el tamaño del taladro final. Este error es más problemático para un proceso controlado por velocidad cuando las piezas de trabajo tienen una gran variación en la cantidad de material que debe ser eliminada.

Con una célula de carga usada junto con el codificador, este sistema tendrá la capacidad de medir y compensar la elasticidad de todo el sistema. Un valor representativo de la elasticidad de los componentes del sistema de alimentación puede ser calculado a partir de las lecturas del codificador y de la célula de carga tomadas durante una rutina de inicialización automática (descrita con detalla a continuación).

En el pasado cuando se programaba una máquina de afilar, se requería que al sistema de control se le “enseñase” la situación del sistema de alimentación (incluyendo la herramienta, cuña y piedras) con respecto al taladro de la pieza de trabajo. Esta etapa de inicialización ha requerido siempre que el operario trabaje junto con la máquina de control y se requiere una cierta habilidad o “entrenamiento” para llevar a cabo esta operación con exactitud. La operación se ha llamado “inicialización de tamaño” o “ajuste” porque el operador mueve el sistema de alimentación mediante una entrada manual hasta que nota que la pieza de trabajo está ajustada en la herramienta. La exactitud de esta operación depende de la habilidad del operario para notar cuándo la pieza de trabajo está tan ajustada en la herramienta como lo estará cuando se ha alcanzado el tamaño final en el ciclo de afilado.

Con este nuevo sistema de alimentación es posible usar una nueva técnica para la inicialización del tamaño que elimina el efecto de la habilidad del operario y al mismo tiempo recoge datos que pueden ser usados para hacer el proceso de afilado más preciso. El control de la máquina instruirá al operario para mover el sistema de alimentación hasta un punto en el que la pieza de trabajo está casi ajustada en la herramienta. Entonces el operario presionará un botón para hacer que el control de la máquina inicie la secuencia de inicialización. La secuencia empieza cuando el sistema de alimentación se retrae automáticamente una cantidad suficiente para que se asegure que las piedras abrasivas ya no están en contacto con la herramienta. A continuación el sistema de alimentación empezará automáticamente a expandirse a una velocidad que es similar a la velocidad de afilado esperada. Tras moverse una distancia suficiente para absorber cualquier reacción del sistema, el sistema de control empezará automáticamente a almacenar puntos de dato de la posición del codificador y de la fuerza de alimentación. Estos puntos caerán a lo largo de una curva que tiene la forma general mostrada en la Figura 4.

Examinando la Figura 4, la curva mostrada puede ser dividida en dos regiones. La primera región, que es substancialmente plana, es la región de no contacto. En esta región las piedras abrasivas no se han expandido todavía hasta el punto en el que entran en contacto con la pared del taladro. El nivel de fuerza medido en esta región representa un valor de referencia de la fuerza. Este valor de referencia está compuesto por varias cosas. Primero, debido a la fricción existirá siempre algo de arrastre del sistema de alimentación mientras se mueve. Segundo, si el sistema es vertical, el peso de los componentes del sistema de alimentación situará una carga estática en el dispositivo de medición. Por último, el propio dispositivo de medición puede producir algún valor distinto de cero a carga nula debido a inexactitudes menores durante el montaje o debido a variaciones en las características electrónicas del dispositivo de medición. Este nivel de fuerza de referencia es registrado de manera que puede ser substraído de los valores de fuerza de la segunda región de la curva con el fin de determinar los verdaderos valores de fuerza en función de la posición del codificador.

En la segunda región de la curva las piedras abrasivas han hecho contacto con la pared del taladro y la fuerza de alimentación se eleva mientras el motor continúa avanzando. Esta es la región del contacto elástico. La curva no es perfectamente lineal en este intervalo, como la teoría elástica podría sugerir. Esto es debido al hecho de que algunos componentes están en contacto y el área de sus regiones de contacto está aumentando con la carga (por ejemplo las bolas y guías de los rodamientos de empuje axial, y las imperfectas piedras abrasivas contra la imperfecta pared del taladro).

El sistema de control debe decidir cuándo ha alcanzado el sistema de alimentación la región de contacto. Debido a algún nivel de ruido en las mediciones, es conveniente definir el inicio de la región de contacto como el punto en el que la fuerza se eleva hasta algún nivel pequeño pero significativo sobre la fuerza de referencia. En la figura, este nivel

ES 2 323 886 T3

de fuerza se denomina F_c y la posición de codificador correspondiente x_c . Por convenio este punto se toma como el origen de un nuevo conjunto de coordenadas llamado X' y F' donde

$$X' = x - x_c$$

y

$$F' = F - F_c$$

Aunque el gráfico está dibujado con la posición del codificador como variable independiente, será más útil con vistas al control decir que la posición relativa del codificador es función de la fuerza de alimentación:

$$X' = f(F')$$

O quizás un modo más apropiado de describir esto es que una vez que las piedras abrasivas están haciendo contacto con la pared del taladro, la distancia adicional que el codificador puede moverse es función de la fuerza requerida para comprimir (o extender) los componentes del sistema de alimentación hasta alcanzar esa posición.

Una expresión matemática aproximada para esta función puede ser determinada usando los puntos de datos con cualquier número de técnicas de ajuste de curva. La función resultante puede ser lineal, no lineal o lineal a trozos. La técnica más simple es asumir linealidad y usar dos puntos para determinar la línea. Esta técnica puede a menudo ser suficiente puesto que la fuerza de alimentación durante el ciclo de afilado se encuentra normalmente en un pequeño intervalo. Si el intervalo de operación de la fuerza es conocido o puede ser estimado a partir de la experiencia, entonces pueden usarse dos puntos en o cerca de los extremos de ese intervalo. En el gráfico, estos puntos son mostrados como (x_1, F_1) y (x_2, F_2) . En ese caso, la pendiente de la línea viene dada por

$$k = (F_2 - F_1)/(x_2 - x_1)$$

Donde k es una constante elástica en el sentido clásico de cuantificar la elasticidad del sistema.

Una vez expresado matemáticamente, el sistema de control será capaz de usar esta función para hacer automáticamente correcciones del tamaño del taladro al tamaño del taladro inferido por el codificador, basándose en la fuerza de alimentación medida en tiempo real en cualquier punto del ciclo de afilado. Para hacer esto, puesto que tanto el valor de la fuerza a partir de la célula de carga como la lectura del codificador son valores relativos, será necesario tener algún punto de referencia. Este punto de referencia puede ser cualquier punto en la región de contacto de la curva. En el gráfico se muestra como el punto (x_r, F_r) . Entonces en general la función que describe la curva puede ser expresada como

$$x - x_r = f(F - F_r)$$

Si se asume linealidad esto resulta

$$x - x_r = (F - F_r)/k$$

El sistema de control puede a continuación usar esta función durante el afilado para conocer con más exactitud el diámetro del taladro en cualquier punto en el tiempo mediante esta fórmula:

$$D = D_i + [x - x_r - f(F - F_r)]LR_t/NR_g$$

Si se asume linealidad, esto resulta

$$D = D_i + [x - x_r - (F - F_r)/k]LR_t/NR_g$$

Donde

D = diámetro del taladro real (mm)

D_i = el diámetro del taladro de la pieza de trabajo de inicialización (mm)

x = la posición del codificador real (recuentos)

ES 2 323 886 T3

x_r = la posición del codificador de referencia (recuentos)

F = la medición de la fuerza de alimentación real (N)

5 F_r = la medición de la fuerza de alimentación de referencia (N)

$f(F-F_r)$ = la función de corrección del codificador, como la descrita anteriormente (recuentos)

k = una constante de corrección del codificador lineal, como la descrita anteriormente (N/recuentos)

10 L = Paso del tornillo de bolas (mm/revoluciones del tornillo de bolas)

N = tamaño del codificador (recuentos/revoluciones del motor)

15 R_g = relación del engranaje (revoluciones del motor/revoluciones del tornillo de bolas)

R_t = relación de la herramienta (movimiento del diámetro/movimiento axial) donde:

R_t = $\tan\theta$ para herramientas de una piedra

20 R_t = $2\tan\theta$ para herramientas de multi-piedras o de manguito

θ = ángulo de la cuña

25 Controlando el ciclo de afilado, en lugar de conocer el diámetro del taladro actual, puede ser más importante identificar una posición del codificador de objetivo (por ejemplo una posición correspondiente al diámetro final o al diámetro en el extremo de una cierta etapa de afilado). Puesto que esta posición del codificador de objetivo puede cambiar a la vez que cambia la fuerza de alimentación, las fórmulas anteriores pueden reescribirse para proporcionar la posición del codificador de objetivo deseada como sigue:

30
$$X_t = (D_t - D_i)NR_g/LR_t + x_r + f(F - F_r)$$

Si se asume linealidad

35
$$X_t = (D_t - D_i)NR_g/LR_t + x_r + (F - F_r)/k$$

Donde

40 X_t = posición del codificador de objetivo (o final) (recuentos)

D_t = diámetro de objetivo (o final) (mm)

45 El nivel de la fuerza de alimentación F , en general no será la medición absoluta del dispositivo de medición de fuerza. Como se ha mencionado previamente, existe algún nivel de referencia o de antecedente de la fuerza debida a arrastre por fricción, al peso de los componentes del sistema de alimentación y posiblemente de errores inducidos en el dispositivo de medición debido a una alineación imperfecta durante el montaje. Estos valores tienden a ser relativamente estáticos, cambiando sólo lentamente a lo largo del tiempo, si es que cambian algo. La fuerza usada en controlar el sistema de alimentación como se describe anteriormente debe ser la cantidad de fuerza diferencial, por lo tanto es importante cuantificar este nivel de referencia de fuerza de manera que sea substraído de la medición de fuerza bruta. Una técnica para medir el nivel de referencia de la señal de fuerza es realizar una lectura inmediatamente al inicio del ciclo cuando se sabe que las piedras no están todavía en contacto con la pared del taladro. Esto puede realizarse en cada ciclo y compensar por ello de manera continua cualesquiera cambios en el nivel de la señal de referencia. Si se va a emplear la rutina de Detección de la Pared del Taladro descrita anteriormente, puede usarse esta misma técnica con tal de que el sistema de alimentación se haya retraído al menos lo suficiente para permitir el tiempo para leer la señal de referencia antes de que las piedras entren en contacto con la pared del taladro.

60 *Uso de Herramientas que Requieren que la Fuerza de Alimentación Significativa se Expandan*

Por simplicidad en las descripciones anteriores y en la Figura 4, se ha asumido que el nivel de referencia de la fuerza es algún valor constante relativamente pequeño. No obstante algunas herramientas de afilar requieren que alguna fuerza creciente distinta de cero y posible expanda sólo la porción abrasiva de la herramienta (por ejemplo las herramientas del tipo de manguito plano abrasivo). En este caso la referencia no es un simple valor constante, sino más bien es una curva de fuerza con respecto a la posición del codificador. Con tales herramientas debe realizarse una pequeña variación al encuentro automático rápido de la pared del taladro y a las técnicas de compensación de la elasticidad descritas anteriormente. Se requiere una etapa añadida al inicio de estas técnicas.

Esta primera etapa consistirá en mover el sistema de alimentación a través del intervalo de movimiento esperado aproximadamente a la velocidad esperada con la herramienta completamente fuera de cualquier taladro de la pieza de trabajo. Durante este tiempo el sistema de control lee la fuerza y posición del codificador para generar una curva de referencia. Esta curva representa entonces la cantidad de fuerza en la posición del codificador dada que debe ser
 5 substraída de las fuerzas totales que se miden durante la localización rápida de la pared del taladro o las rutinas de medición de la elasticidad. Tras substraer la curva de referencia de la curva medida total, la curva resultante será idéntica en forma a la curva mostrada en la Figura 4 y el tratamiento matemático de estos datos rectificadas puede continuar exactamente como se ha descrito anteriormente.

Si se espera que esta curva de fuerza de referencia varíe ligeramente a lo largo del tiempo debido a compensaciones del tamaño del taladro o a factores medioambientales, la referencia puede ser medida de nuevo a cualquier frecuencia deseada.

Protección Automática de la Herramienta

En el arranque inicial, o incluso durante la operación de afilado, existe un riesgo de dañar la herramienta, y posiblemente la dispositivo de sujeción de la pieza de trabajo, cuando el sistema de alimentación está expandiendo el elemento de afilado a una alta velocidad. Debido a que el husillo está girando en el momento en el que el elemento de afilado está siendo alimentado es posible que los abrasivos del elemento de afilado agarren inmediatamente la pieza
 20 de trabajo en contacto provocando que la herramienta se retuerza. Este riesgo de dañar la herramienta existe también en la programación durante la “inicialización del tamaño” o la operación de “ajuste”. Esta acción requiere un operario con experiencia para expandir manualmente el elemento de afilado contra la superficie del taladro de la pieza de trabajo con el fin de determinar una referencia para el tamaño del diámetro. Es posible que durante este proceso el operario pueda dañar la herramienta expandiendo demasiado o estrujando los abrasivos del elemento de afilado contra
 25 la superficie del taladro.

En referencia ahora a la Figura 7, con la presente invención, el arrastre de alimentación 86 incluye un sistema que puede detectar una fuerza anormalmente alta aun siendo suficientemente sensible para reaccionar al instante para proteger de daño la herramienta y el dispositivo de sujeción de la pieza de trabajo. El sistema de alimentación
 30 aprovecha la célula de carga para monitorizar la fuerza durante la expansión de la alimentación e inmediatamente retrae el elemento de afilado cuando la fuerza de alimentación excede un límite almacenado predeterminado. El nuevo sistema de alimentación monitoriza y controla automáticamente el servo controlador 148 del mismo para retraer el elemento de alimentación con un mínimo retardo con el fin de eliminar la posibilidad de que la herramienta sujeta la pieza de trabajo.

El control del sistema de alimentación evita automáticamente que el operario expanda más la herramienta manualmente si esta condición de sobrecarga de la fuerza de alimentación, o de fallo, existiese durante la “inicialización del tamaño”. Además de retraer automáticamente el elemento de alimentación, el nuevo sistema de alimentación puede también notificar independientemente al controlador principal 38 la condición de fallo a través de una interfaz de I/O.
 40 El aviso se da si el fallo ha tenido lugar durante la “inicialización del tamaño” o durante una operación de afilado normal. Esta notificación a su vez permitiría al controlador 38 principal detener otras operaciones e informar al operario de la condición de fallo.

Control del Sistema de Alimentación

Un sistema de control principal típico de una máquina de afilar, tal como el controlador 38 de la máquina 10, típicamente tiene que compartir su potencia de tratamiento entre las diferentes tareas que debe realizar. Las características de rendimiento descritas anteriormente requerirían que el sistema de control funcionase a velocidades muy elevadas para asegurar la sensibilidad y el tiempo de respuesta requeridos de él. Esto significaría probablemente que el
 50 controlador tuviese que procesar todos los datos en tiempo real para minimizar retardos y reaccionar inmediatamente a cambios en la fuerza de alimentación. Además de monitorizar el sistema de alimentación, el procesador tendría también que dividir su tiempo de tratamiento entre las otras tareas que realiza. Sin embargo, un método de control más directo está disponible si la tarea de tratamiento del sistema de alimentación se proporciona a la unidad de arrastre de alimentación. Con el fin de obtener este requisito previo, debe asumirse linealidad y la unidad tendría que ser capaz
 55 de usar una señal externa como información.

La presente invención utiliza tal sistema de control. De acuerdo con esta realización de la invención, las tareas que pertenecen a la expansión y retracción del elemento de afilado son llevadas a cabo por el arrastre de alimentación 86, junto con la monitorización y reacción a cualesquiera estímulos, tales como los que provienen de la célula de carga. Este método de controlar el sistema de alimentación directamente por medio del arrastre de alimentación 86 elimina
 60 posibles sobrecargas del tratamiento en el controlador 38 principal, y proporciona una respuesta rápida. Asegura el medio más sensible para monitorizar y responder a cambios en la fuerza de alimentación retrayendo inmediatamente el elemento de afilado con un mínimo retardo cuando la superficie del taladro de una pieza de trabajo se ha encontrado o cuando existe una condición de sobrecarga de fuerza. En referencia también a la Figura 7, el control del sistema de alimentación al que se hace referencia en esta invención gestiona todas las entradas y salidas hacia y desde el arrastre
 65 86 junto con los circuitos de la célula de carga. Los circuitos de la célula de carga consisten en un circuito de interfaz transductor 150 y en un circuito de acondicionamiento de señal 154, un circuito de detección de taladro automático 156, y en el control 146 que gestiona la fuerza de alimentación y las funciones de velocidad de alimentación.

ES 2 323 886 T3

Una de las únicas características de esta invención es la capacidad para controlar el sistema de alimentación en un intervalo tan amplio de fuerzas de alimentación requeridas por diferentes herramientas, aun siendo suficientemente sensible para distinguir pequeños cambios en la fuerza de alimentación cuando se determina que el elemento de afilado ha entrado en contacto con el taladro. Este escalado de la fuerza automático es llevado a cabo en los circuitos de interfaz transductor y de acondicionamiento de señal 150 y 152, y se basa en las fuerzas de expansión y retracción requeridas por la herramienta específica usada.

El circuito de Automatic Bore Detection (ABD - Detección Automática del Taladro) 156 monitoriza la velocidad de alimentación, la fuerza y la posición mientras la herramienta se expande en la pieza de trabajo. Al alcanzar la superficie del taladro la posición de alimentación y la fuerza son ambas automáticamente capturadas y salvadas. Esto es seguido por la inmediata retracción del sistema de alimentación para liberar la presión abrasiva fuera de la pieza de trabajo. Esto activa al controlador 38 principal de la máquina de afilar para empezar a mover los otros ejes. El proceso de afilado real es entonces iniciado cuando la fuerza y la posición de alimentación que han sido salvadas anteriormente se usan para alimentar rápidamente el elemento de afilado fuera de la superficie del taladro mientras la herramienta está girando y golpeando.

El circuito de ABD 156 emplea un método de detección para compensar cualesquiera cambios en la fuerza de alimentación normal en el sistema que podrían ocurrir con el tiempo. Entre estos tipos de cambios está la fuerza de fricción a lo largo del recorrido de la herramienta que puede variar mientras los abrasivos se desgastan con el tiempo. La situación del sistema de alimentación a lo largo del recorrido total de la herramienta está basada en qué porcentaje del intervalo total de la herramienta se usa y también en la cantidad de desgaste normal del abrasivo de la herramienta durante la operación de afilado. Otro factor que se debe considerar es la cantidad de arranque de material debido a la fricción en sistema de alimentación mientras se está moviendo.

Sin compensación estas fuerzas pueden afectar a cuándo se detecta el taladro. Para compensar cambios como estos, el circuito de ABD 156 monitoriza la fuerza de alimentación al inicio de cada ciclo mientras que el elemento de afilado se aproxima a la pieza de trabajo para determinar un nivel de referencia de la fuerza, y a continuación computa automáticamente una mínima fuerza que indicará cuándo el elemento de afilado alcanza la superficie del taladro. (F_c en la Figura 4).

Como se ha descrito previamente (Compensación de la Elasticidad), la etapa de inicialización del tamaño resulta ser un proceso automático en lugar de uno manual. Esta etapa emplea una característica de detección automática del taladro para eliminar la necesidad de que el operario lo note.

El Regulador de Fuerza de Alimentación & Velocidad del control 146 controla el motor de alimentación 40 basándose en el modo de la aplicación. La aplicación puede requerir una fuerza de alimentación constante o cualquier combinación de las dos durante el proceso de afilado. Incorporar la fuerza de alimentación y el regulador de velocidad en la unidad de arrastre permite la conmutación entre los dos modos de manera virtualmente instantánea y puede realizarse en cualquier momento durante el proceso de afilado.

En el modo de fuerza constante el regulador controlará la relación de velocidad del motor de alimentación para mantener una fuerza de alimentación específica. Una característica distinta de esta invención es la capacidad del circuito regulador para filtrar cualesquiera fuerzas exteriores que puedan influir en la fuerza de alimentación real que el sistema está tratando de mantener.

A diferencia de otros sistemas que funcionan a una velocidad constante, el sistema de alimentación descrito en esta invención mantendrá una velocidad de alimentación específica independientemente de la fuerza de alimentación generada mientras que se compensa continuamente la elasticidad de todo el sistema de alimentación. En el modo de velocidad constante el circuito automático compensador de la elasticidad actualiza dinámicamente, en tiempo real, la posición final del sistema de alimentación. La actualización de la posición final se basa en la variación en compresión del sistema (o tensión para herramientas del tipo de tirar o una combinación de la carga de tracción con la carga de torsión de los sistemas rotativos) que el sistema de alimentación experimenta mientras se expande la herramienta y asegura un tamaño acabado exacto y repetible de ciclo a ciclo.

El circuito Compensador de la Elasticidad Automático debe usar algún valor de la elasticidad del sistema. Este parámetro (κ) es medido durante la etapa de inicialización del tamaño, tal como se ha descrito previamente.

El circuito de Automatic Tool Protection (ATP - Protección Automática de la Herramienta) monitoriza continuamente la célula de carga cada vez que el sistema de alimentación se está moviendo. Si el operario está moviendo manualmente el sistema de alimentación o el sistema de alimentación está buscando automáticamente el taladro o la alimentación se está realizando en cualquiera de los modos de regulación, el circuito de ATP comprueba que la fuerza de alimentación permanece dentro de un intervalo específico. Si la fuerza de alimentación excede un valor predeterminado entonces el circuito de ATP inmediatamente retraerá el sistema de alimentación para liberar la fuerza generada y notifica al controlador 38 principal de la máquina de afilar que detenga todos los demás ejes.

Optimización del Afilado

Con esta invención todos los parámetros del sistema de alimentación pertinentes son bien controlados o medidos. Puesto que la máquina está controlada por ordenador existe una oportunidad de que el cliente optimice automáticamente el rendimiento del afilado. Un control del tamaño del taladro y de la forma cilíndrica del taladro puede ser a menudo alcanzado satisfactoriamente con un amplio rango de parámetros de alimentación. Sin embargo dentro de este intervalo existen compensaciones del tiempo de ciclo y de desgaste de la piedra. El cliente está preocupado por ellos en tanto en cuanto afectan al coste total por taladro de la operación de afilado.

Un programa de optimización incluido en el control del ordenador de la máquina podría requerir alguna información básica de un operario u otro personal de fabricación con respecto al coste de las piedras abrasivas, altura de las piedras abrasivas, piedras por herramienta, coste por hora de trabajo y máquina, etc. También una entrada sería algunos límites para la fuerza de alimentación y la velocidad de alimentación. La máquina realizaría entonces una prueba para un número de piezas de trabajo predeterminado. La máquina registraría tiempos de ciclo y compensaciones acumulativas del tamaño del taladro como una medida del desgaste de las piedras. La máquina podría entonces estimar el coste por taladro bajo ese conjunto de parámetros de alimentación. A continuación la fuerza de alimentación o la velocidad de alimentación podrían ser variadas en algún incremento predeterminado y podría realizarse otra prueba. De esta manera la máquina podría cambiar una variable (fuerza de alimentación o velocidad de alimentación) hasta que se encuentre un coste óptimo por taladro. En ese punto las pruebas concluirían y la máquina mantendría sus ajustes en los valores óptimos hasta que fuesen sustituidos por un operario. Excepto por la pregunta inicial de los datos pertinentes, todo esto podría llevarse a cabo sin necesidad de que un operario se implique o esté pendiente.

Ajuste de la Máquina

En referencia también a las Figuras 5 y 5a, se muestra un diagrama de flujo 90 de alto nivel de las etapas del ajuste de la máquina de acuerdo con un método de la invención. Aquí, debe observarse que cuando una nueva herramienta es instalada, el sistema de control no tiene conocimiento de la relación entre la posición del codificador del sistema de alimentación y el diámetro de la herramienta. Se requiere una etapa de inicialización, y a continuación se llevan a cabo las siguientes etapas:

1. El operario introduce la información de ajuste que incluye el diámetro de objetivo (o final) de las piezas de trabajo que serán afiladas, como se muestra en el bloque 92.

2. El operario mide el taladro de una pieza de trabajo con algún dispositivo de medición externo a la máquina, como se muestra en el bloque 94.

3. La pieza de trabajo es situada en la máquina, como se muestra en el bloque 96.

4. El operario introduce este diámetro medido en el ordenador, como se muestra en el bloque 98.

5. Cuando el operario le indique la máquina introducirá la herramienta en el taladro de la pieza de trabajo y el sistema de alimentación se moverá lentamente para expandir el abrasivo, como se muestra en el bloque 100.

6. Antes de que el abrasivo entre en contacto con el taladro el sistema de control muestreará la célula de carga para determinar un nivel de referencia de la fuerza, como se muestra en el bloque 102.

7. Cuando el abrasivo entra en contacto con el taladro la fuerza medida por la célula de carga se elevará. Cuando la fuerza se está elevando el sistema de control muestreará al menos dos puntos, como se muestra en el bloque 104, siendo un punto un par de datos de la posición del codificador y de la fuerza de alimentación. Estos puntos se denominan (x_1, F_1) , (x_2, F_2) , etc., y éstos se usan para calcular la elasticidad del sistema y de la herramienta como se detalla en la descripción matemática anterior, como se muestra en el bloque 106. El punto inicial, x_1 , corresponde al diámetro medido en el taladro. El valor de la elasticidad calculado es almacenado en el ordenador. (Como se observa en la descripción matemática, podría ser tan simple como un único valor constante (κ) o podría tomar la forma de una función matemática más sofisticada).

8. Uno de los puntos muestreados es elegido para ser un punto de referencia denominado (x_r, F_r) y éste es almacenado en el ordenador, como se muestra en el bloque 108.

9. El operario selecciona el método de control del sistema de alimentación: velocidad de alimentación constante o de acuerdo con un perfil, o fuerza de alimentación constante o de acuerdo con un perfil. El operario introduce los valores para la variable controlada elegida, como se muestra en el bloque 110.

10. El operario puede ajustar o la máquina puede calcular valores por defecto, como se muestra en el bloque 112. Pueden establecerse/calcularse también límites más bajos como indicaciones de un rendimiento de afilado inadecuado.

ES 2 323 886 T3

Funcionamiento de la Máquina - Afilado de la Pieza de Trabajo

En referencia también a las Figuras 6 y 6a, se muestra un diagrama de flujo 114 de alto nivel que incluye las etapas de un método para afilar una pieza de trabajo, fuera del ámbito de la invención, y se describe brevemente como sigue.

1. La pieza de trabajo se presenta a la herramienta de afilado y la máquina mueve la herramienta de afilar en el taladro, como se muestra en el bloque 116.

2. El sistema de alimentación expande rápidamente el elemento de afilado hacia el taladro. Inmediatamente, mientras se expande, y antes de alcanzar el agujero, se determina el nivel de referencia de la fuerza, como se indica en el bloque 118.

3. El sistema de alimentación continúa expandiéndose rápidamente hasta que se detecta un nivel de fuerza que indica que el abrasivo está en contacto con el taladro, como se indica en el bloque 120. Durante esta expansión antes de que se establezca contacto con el taladro, la fuerza de alimentación es muestreada para determinar un nivel de referencia de fuerza.

4. El sistema de alimentación se retrae ligeramente para liberar la fuerza del abrasivo contra el taladro. Como se indica en el bloque 122.

5. Empieza la rotación del husillo y el movimiento de golpeo, como se indica en el bloque 124.

6. El sistema de alimentación rápidamente vuelve al punto en el que ha alcanzado contacto con el taladro, como se indica en el bloque 126.

7. El sistema de alimentación alimenta entonces el abrasivo usando uno de los siguientes métodos: velocidad de alimentación constante o de acuerdo con un perfil, o fuerza de alimentación constante o de acuerdo con un perfil, como se indica en el bloque de decisión 128 y en los bloques 130 y 132. Si el modo de velocidad constante o de acuerdo con un perfil es seleccionado, el sistema monitoriza de manera continua para comprobar si los límites de la fuerza se han excedido, como se indica en el bloque 134. Si es así, el sistema detiene la máquina y extrae o muestra un aviso, como se indica en el bloque 136. Si se selecciona el modo de fuerza constante o de acuerdo con un perfil, el sistema monitoriza de manera continua para comprobar si los límites se han excedido, como se indica en el bloque 138. De nuevo, si es así la máquina se detiene y se muestra un aviso, como se indica en el bloque 136.

8. En cualquier circunstancia, el sistema comprueba de manera continua para ver si se ha alcanzado la posición (x_t) de objetivo del codificador, como se indica en el bloque 140. Si el de fuerza constante es el método elegido entonces la posición del objetivo del codificador cambia dinámicamente cuando el nivel de la fuerza medida cambia.

9. El sistema monitoriza también la variable no controlada para tener la seguridad de que los límites preestablecidos no se exceden. Si lo son, entonces la máquina se detendrá y se mostrará un aviso.

10. Cuando la posición de objetivo del codificador se ha alcanzado el ciclo de afilado está completo, como se indica en el bloque 142.

11. El taladro es medido (bien por el operario o mediante calibrado automático) y si el taladro se desvía del diámetro de objetivo entonces se informa al ordenador de una corrección del tamaño del taladro (normalmente esto es por desgaste del abrasivo), como se indica en el bloque 144. Esta corrección se usa para mover el valor de la posición de referencia del codificador, x_r . El proceso se repite entonces hasta que se alcanza la posición de objetivo del taladro.

Así, se ha mostrado y descrito un sistema de alimentación de afilado que tiene un control completo de la alimentación, aparato y sistema de servo golpeo por fuerza, que evita muchos de los problemas se muestra anteriormente, velocidad y posición, y método de operación del mismo. Resultará evidente, no obstante, para aquellos familiarizados con la técnica, que son posibles muchos cambios, variaciones, modificaciones, y otros usos y aplicaciones para el sistema y método sujetos. Todos esos cambios, variaciones, modificaciones, y otros usos y aplicaciones que no se separan del ámbito de la invención son considerados para ser cubiertos por la invención que está limitada sólo por las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

1. Un método de afilado de un taladro de una pieza de trabajo (20) que comprende las etapas de:

proporcionar una herramienta de afilar (14) que tiene al menos radialmente un elemento de afilado (80) expandible;

proporcionar un sistema de alimentación (30) en conexión con la herramienta de afilar (14) que incluye un elemento de alimentación (74) movable operable de manera controlable automáticamente para aplicar una fuerza de alimentación contra la herramienta de afilar para expandir radialmente al menos un elemento de afilado (80);

proporcionar un control (38) operable para operación controlable automáticamente del sistema de alimentación (30); **caracterizado** por

proporcionar un dispositivo para determinar información representativa de una fuerza de alimentación aplicada contra la herramienta de afilar (14) por el elemento de alimentación (74) y extraer una señal representativa de la misma al control;

proporcionar un dispositivo para determinar información representativa de una posición del elemento de alimentación (74) y extraer una señal representativa de la misma al control;

caracterizado por

operar automáticamente el sistema de alimentación (30) para aplicar al menos dos niveles de fuerza de alimentación contra la herramienta de afilar (14) cuando está en contacto con la superficie del taladro que se va a afilar y determinar información representativa de las posiciones del elemento de alimentación (74) durante la aplicación de las fuerzas de alimentación, respectivamente; y

computarizar automáticamente un valor que se aproxime a una elasticidad de al menos la herramienta de afilar (14) en función de una diferencia entre los dos niveles de la fuerza de alimentación y la información representativa de las posiciones del elemento de alimentación (74) durante la aplicación de las fuerzas de alimentación, y determinar un valor representativo de un diámetro del taladro durante el de afilado del mismo en función del valor representativo de la elasticidad, la información representativa de la fuerza de alimentación, y la información representativa de la posición del elemento de alimentación (74).

2. El método de la reivindicación 1, que comprende las etapas adicionales de:

proporcionar un valor para un diámetro inicial del taladro; y determinar un valor representativo de un diámetro real del taladro durante el afilado del mismo en función del valor representativo de la elasticidad, la información repetitiva de la posición del elemento de alimentación (74), la información representativa de la fuerza de alimentación, y el valor para el diámetro inicial.

3. El método de la reivindicación 1, que comprende las etapas adicionales de:

operar automáticamente el sistema de alimentación (30) para mover el elemento de alimentación (74) con el fin de expandir radialmente el al menos un elemento de afilado no restringido por una superficie de un taladro y determinar información representativa de una fuerza de alimentación de referencia requerida para la expansión; y

operar automáticamente el sistema de alimentación (30) para mover el elemento de alimentación (74) con el fin de expandir radialmente el al menos un elemento de afilado de manera que se sitúe en contacto con la superficie del taladro para provocar en respuesta un aumento en la fuerza de alimentación hasta un nivel mayor que la fuerza de alimentación de referencia que sirve como indicador del contacto, y determinar un valor representativo del diámetro del taladro en función de una posición del elemento de alimentación (74) en un momento del contacto.

4. El método de la reivindicación 3, en el que la etapa de determinar información representativa de una fuerza de alimentación de referencia requerida para la expansión comprende determinar un intervalo de valores para la fuerza de alimentación.

5. El método de la reivindicación 4, en el que el elemento de alimentación (80) comprende un manguito expandible radialmente.

ES 2 323 886 T3

6. El método de la reivindicación 3, que comprende las etapas adicionales de:

afilar automáticamente al menos dos taladros hasta un diámetro más grande predeterminado, incluyendo para cada uno de los taladros llevar a cabo la etapa de operar el sistema de alimentación para mover el elemento de alimentación (74) para expandir radialmente el al menos un elemento de afilado (80) de manera que se sitúe en contacto con la superficie del taladro, y determinar un valor representativo del diámetro del taladro en función de una posición del elemento de alimentación (74) en un momento del contacto; y

determinar un valor representativo del desgaste del al menos un elemento de afilado (80) en función de los valores representativos de los diámetros de los taladros en el contacto y posiciones del elemento de alimentación (74) cuando los taladros son afilados para tener un diámetro mayor.

7. El método de la reivindicación 6, que comprende otra etapa de calcular automáticamente un coste de afilado de los taladros al menos en parte en función del valor representativo del desgaste.

8. El método de la reivindicación 7, en el que la etapa de calcular automáticamente un coste de afilado incluye calcular el coste adicionalmente en función de un valor representativo de un coste de operación de la máquina de afilar para afilar los taladros.

9. El método de la reivindicación 7, en el que la etapa de afilar automáticamente al menos dos taladros comprende seleccionar automáticamente diferentes parámetros de afilado para afilar los taladros hasta el diámetro más grande predeterminado, respectivamente, y afilar los taladros hasta el diámetro más grande usando los diferentes parámetros, y la etapa de calcular automáticamente un coste de afilado de los taladros incluye calcular un coste para afilar cada uno de los dos taladros.

10. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro mientras que mueve el elemento de alimentación (74) a una velocidad substancialmente constante.

11. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro con la fuerza de alimentación a un nivel substancialmente constante.

12. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro con la fuerza de alimentación variando a niveles que siguen un perfil predeterminado.

13. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo para determinar información representativa de una fuerza de alimentación aplicada contra la herramienta de afilar (14) por el elemento de alimentación (74) y para extraer una señal representativa de la misma comprende una célula de carga dispuesta entre el elemento de alimentación (74) y la herramienta de afilar (14).

14. El método de la reivindicación 1, en el que el dispositivo área determinar información representativa de una posición del elemento de alimentación (74) y extraer una señal representativa de la misma comprende un codificador en conexión con el elemento de alimentación (74).

15. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro con una velocidad de alimentación que varía a niveles que siguen un perfil predeterminado.

16. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro con una velocidad de alimentación que varía a niveles que siguen un perfil que se determina al menos en parte en función de la información representativa de la fuerza de alimentación.

17. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro con una fuerza de alimentación que varía a niveles que siguen un perfil que está determinado al menos en parte en función de la información representativa de la velocidad de alimentación.

18. El método de la reivindicación 1, que comprende también la etapa de proporcionar un dispositivo operable automáticamente para monitorizar la información representativa de una fuerza de alimentación y detener de afilado si la fuerza de alimentación durante el afilado alcanza un nivel predeterminado.

19. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro mientras monitoriza y mantiene una carga substancialmente constante sobre un husillo que sujeta y gira la herramienta de afilar (14).

20. El método de la reivindicación 1, que comprende otra etapa de afilar el taladro mientras monitoriza y mantiene una carga sobre un husillo que varía de acuerdo con un perfil predeterminado.

21. El método de la reivindicación 1, en el que las señales extraídas hacia el control representativo de la información representativa de una fuerza de alimentación aplicada contra la herramienta de afilar (14) por el elemento de alimentación (74) están condicionadas como función de una magnitud de la misma.

22. Un sistema para afilar automáticamente un taladro de una pieza de trabajo (20) hasta un diámetro de objetivo, que comprende:

una herramienta de afilar (14) que tiene al menos un elemento de afilar (80) expandible radialmente;

un sistema de alimentación (30) en conexión con la herramienta de afilar (14) que incluye un elemento de alimentación (74) movable, operable de manera controlada automáticamente para aplicar una fuerza de alimentación contra la herramienta de afilar (14) con el fin de expandir radialmente el al menos un elemento de afilar (80);

un control (38) operable para controlar automáticamente la operación del sistema de alimentación (30);

un dispositivo para determinar información representativa de una fuerza de alimentación (74) y extraer una señal representativa de la misma hacia el control;

un dispositivo para determinar información representativa de una posición del elemento de alimentación (74) y extraer una señal representativa de la misma hacia el control; **caracterizado** porque

el control es operable automáticamente para controlar la velocidad de alimentación (30) para aplicar fuerzas de alimentación contra la herramienta de afilar (14) cuando está en un estado restringido y computarizar al menos un valor representativo de la elasticidad de al menos la herramienta de afilar (14) y el sistema de alimentación en función de las fuerzas de alimentación aplicadas y de la información representativa de las posiciones del elemento de alimentación (74) durante la aplicación de las fuerza de alimentación, y porque el control es operable automáticamente para computarizar al menos un valor de objetivo para la posición del sistema de alimentación (74) para afilar el taladro hasta el diámetro de objetivo en función de al menos un valor representativo de la elasticidad de al menos la herramienta de alimentación (14), la información representativa de la fuerza de alimentación, la información representativa de la posición del elemento de alimentación (74) y un valor representativo de un diámetro inicial del taladro.

23. El sistema de la reivindicación 22, en el que el valor representativo del diámetro inicial del taladro es un valor introducido.

24. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para controlar el sistema de alimentación (30) para aplicar una fuerza de alimentación contra la herramienta de afilar (14) cuando está en el taladro en el que se va a expandir el elemento de alimentación (80) de manera que se sitúe en contacto con una superficie del taladro para provocar un aumento en respuesta a un valor de la fuerza de alimentación que indica el contacto, y el control es operable automáticamente para determinar el valor representativo del diámetro inicial en función de una posición del elemento de alimentación (74) del sistema de alimentación (30) cuando se indica un contacto.

25. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para controlar el sistema de alimentación (30) con el fin de aplicar una fuerza de alimentación contra la herramienta de afilar (14) para provocar expansión radial del elemento de afilado (80) de la misma no restringida por una superficie de un taladro y determinar un valor representativo de una fuerza de alimentación de referencia requerida por la expansión no restringida, y siendo el contacto indicado por un incremento en la fuerza de alimentación a partir de la fuerza de alimentación de referencia.

26. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para controlar el sistema de alimentación (30) con el fin de afilar al menos dos taladros de manera controlable operando el sistema de alimentación (30) para mover el elemento de alimentación (74) para expandir radialmente el al menos un elemento de afilado (80) de manera que se sitúe en contacto con la superficie del taladro, y determinar un valor representativo del diámetro del taladro en función de una posición del elemento de alimentación (74) en un momento del contacto, y determinar un valor representativo del desgaste del al menos un elemento de afilado (80) en función de los valores representativos de los diámetros de los taladros en el contacto y las posiciones del elemento de alimentación (74) cuando los taladros son afilados hasta un diámetro de objetivo.

27. El sistema de la reivindicación 26, en el que el control es operable para calcular automáticamente un coste de afilado de los taladros en función del valor representativo del desgaste.

28. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para controlar el sistema de alimentación (30) para mover el elemento de alimentación (74) a una velocidad constante para afilar el taladro hasta el diámetro de objetivo.

29. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para controlar el sistema de alimentación (30) para afilar el taladro con la fuerza de alimentación a un nivel constante.

30. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para afilar el taladro cuando la fuerza de alimentación varía en niveles que siguen un perfil predeterminado.

ES 2 323 886 T3

31. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para afilar el taladro con una velocidad de alimentación que varía en niveles que siguen un perfil que está determinado al menos en parte en función de la información representativa de la fuerza de alimentación.

5 32. El sistema de la reivindicación 22, en el que el control es operable automáticamente para afilar el taladro con una fuerza de alimentación que varía en niveles que siguen un perfil que está determinado al menos en parte en función de la información representativa de la velocidad de alimentación.

10

15

20

25

30

35

40

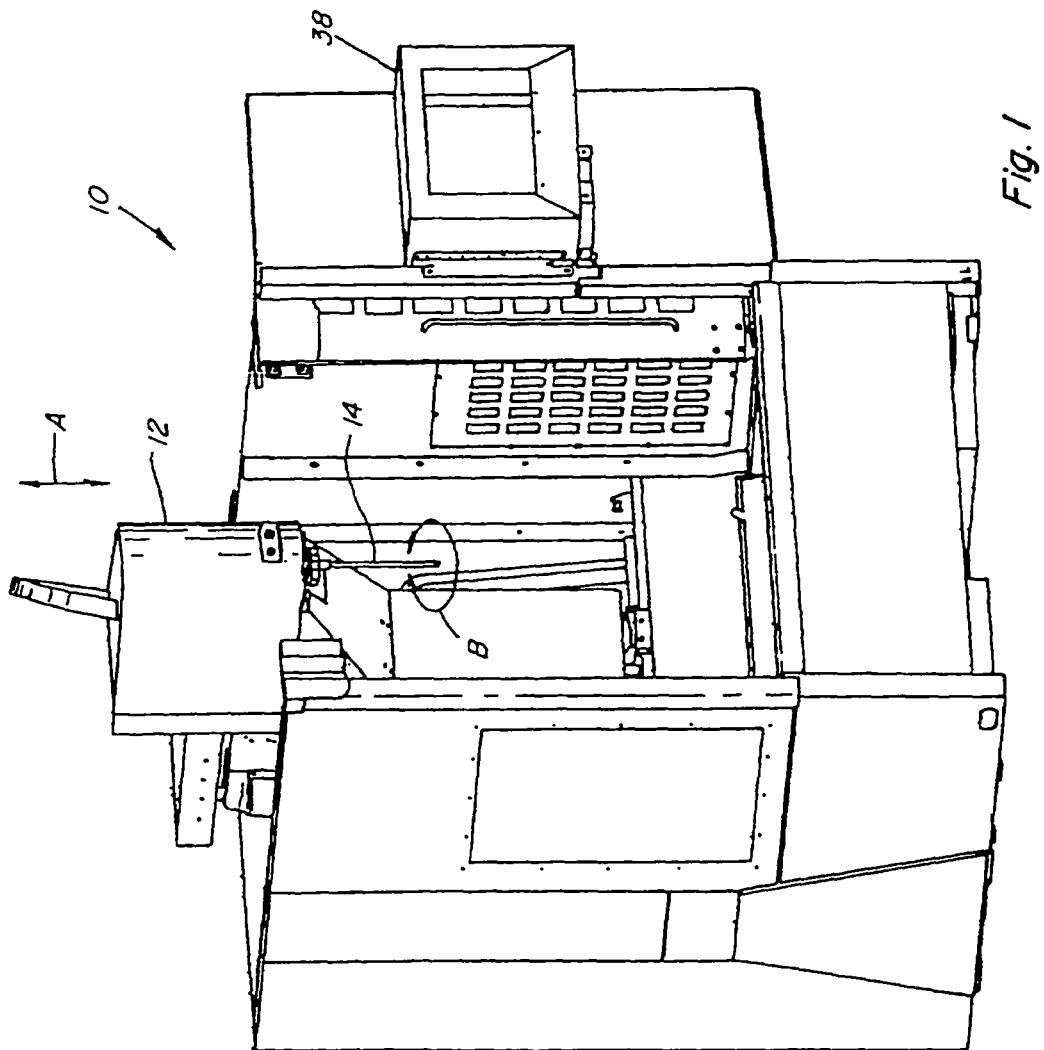
45

50

55

60

65



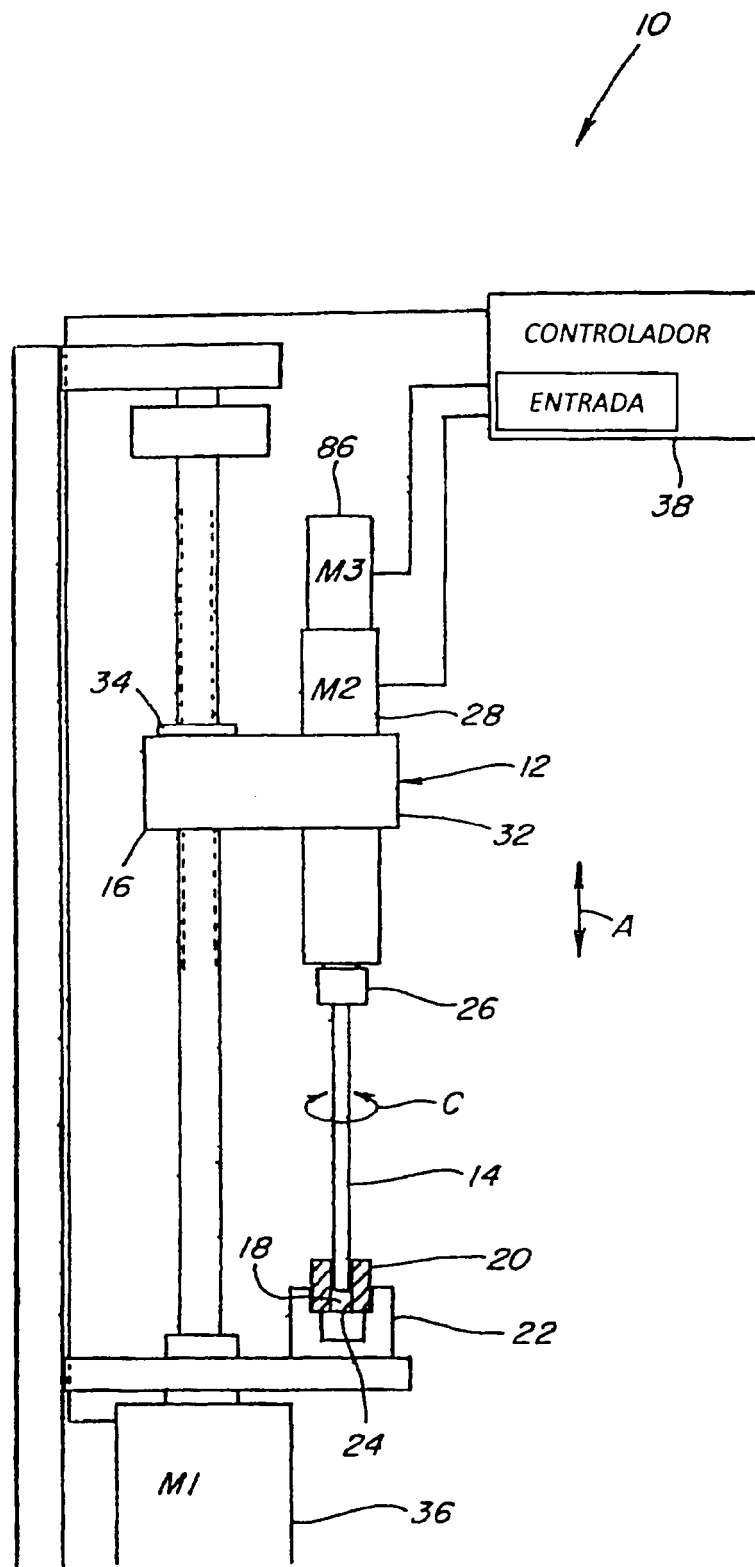


Fig. 2

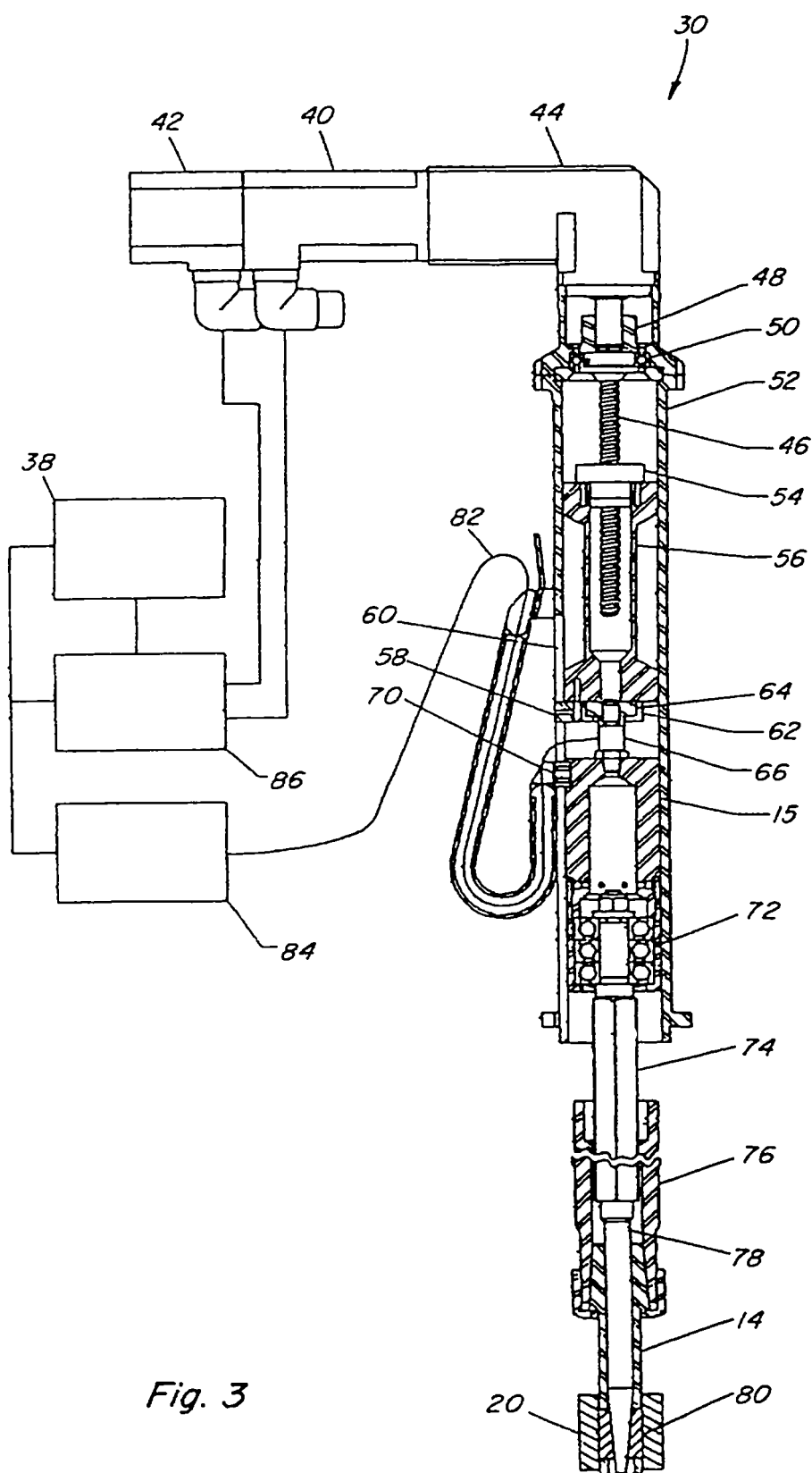
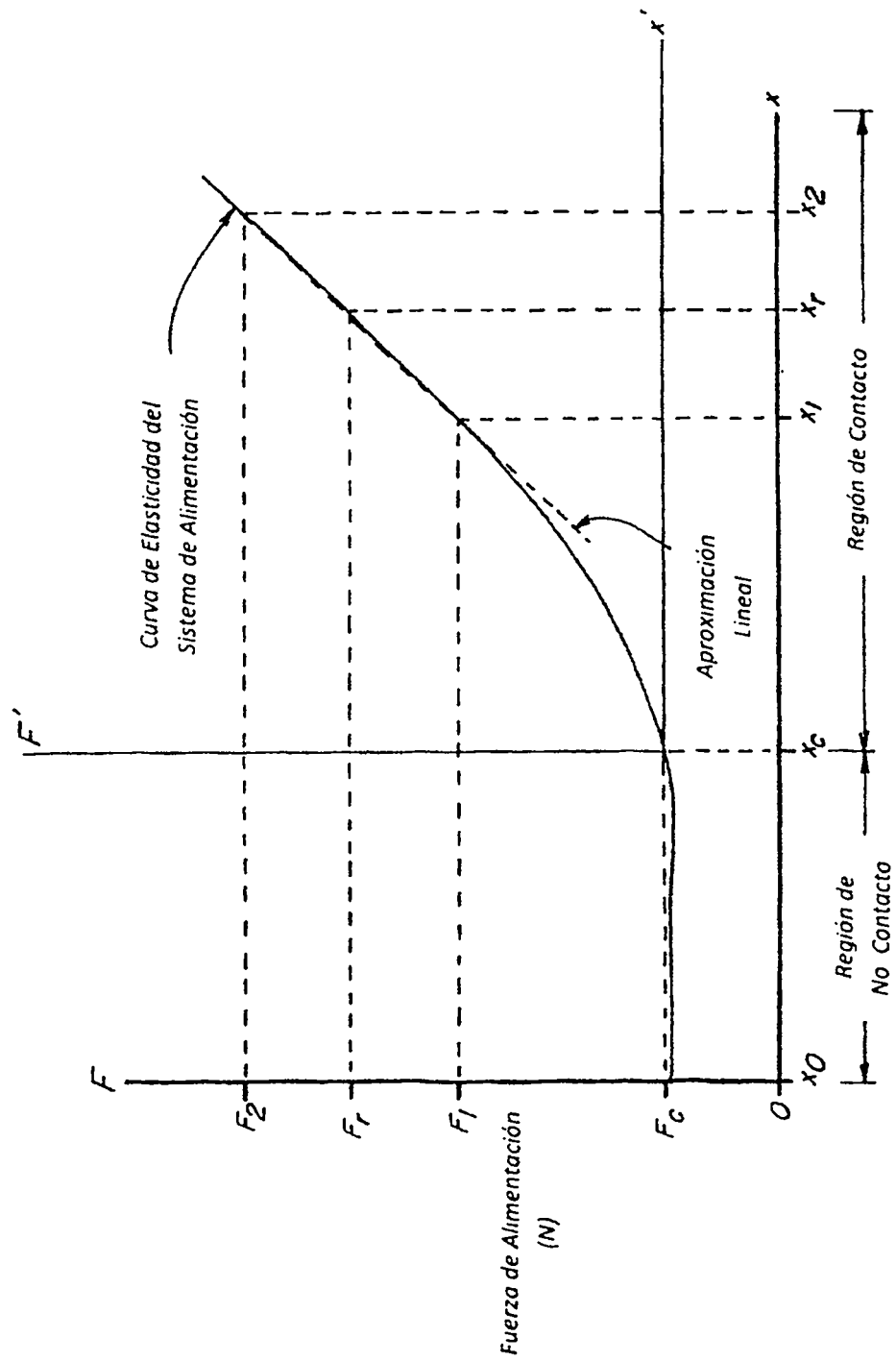


Fig. 3



POSICIÓN DEL CODIFICADOR
(RECIENTOS)

Fig. 4

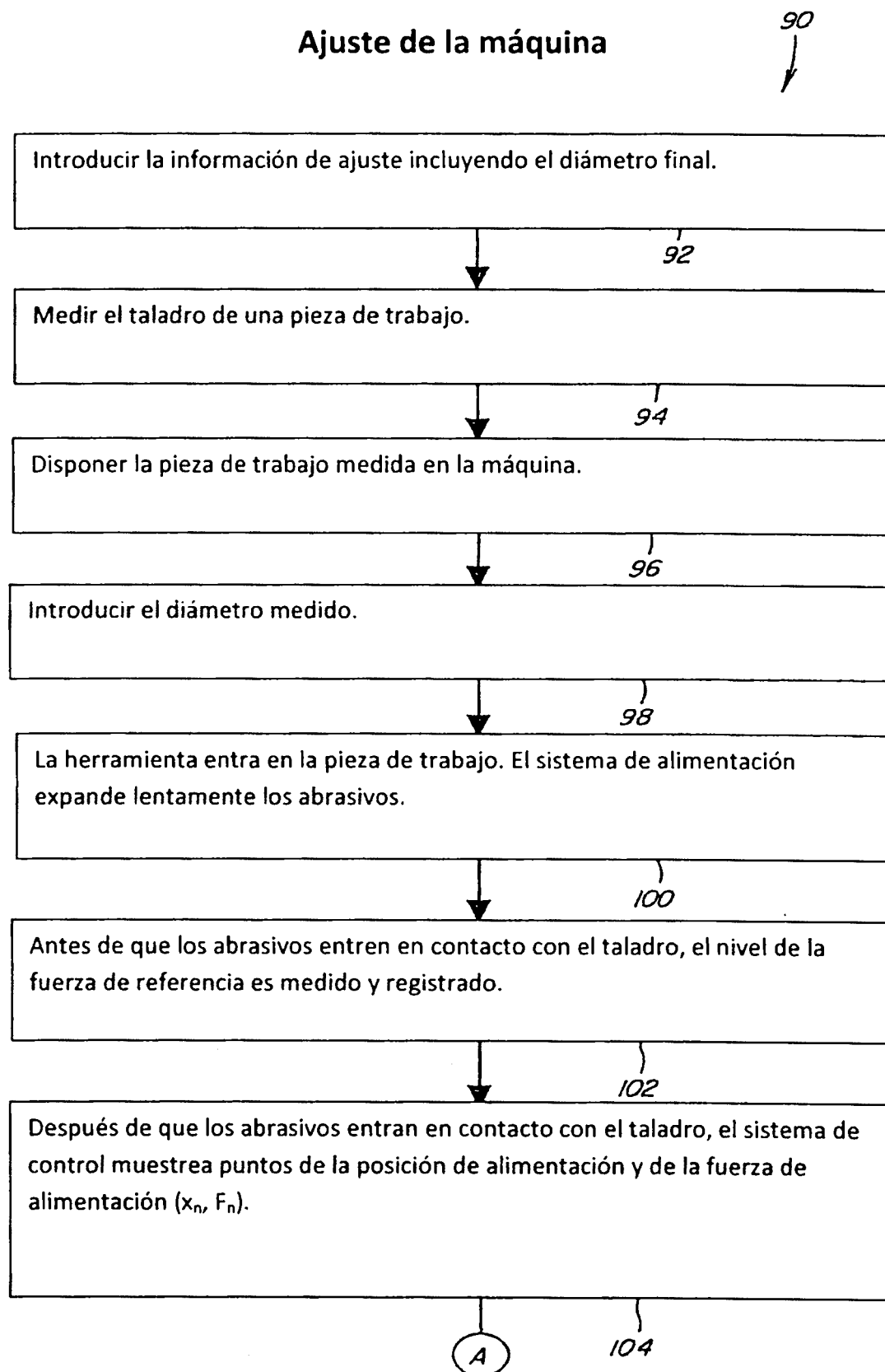


Fig. 5

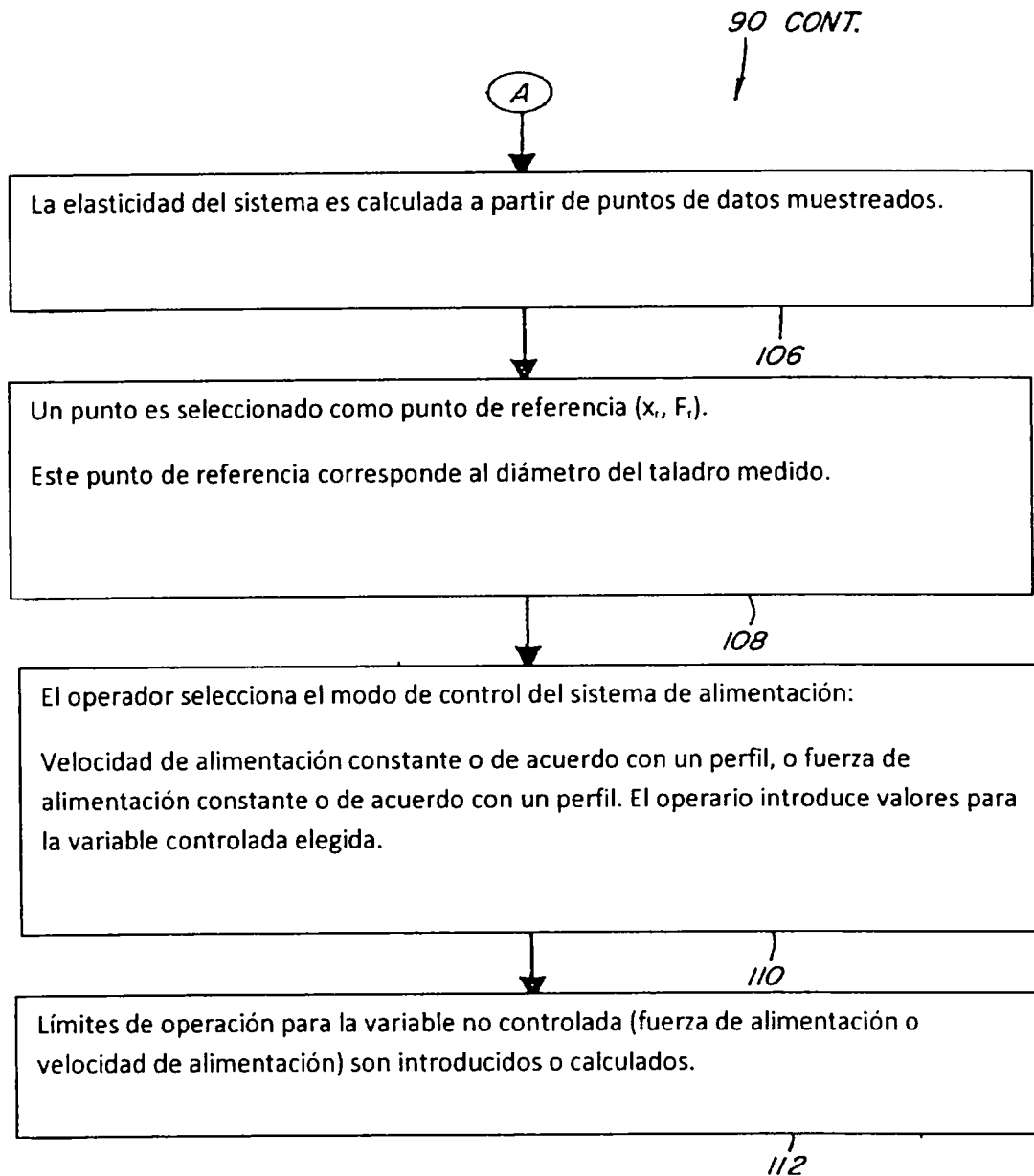


Fig. 5a

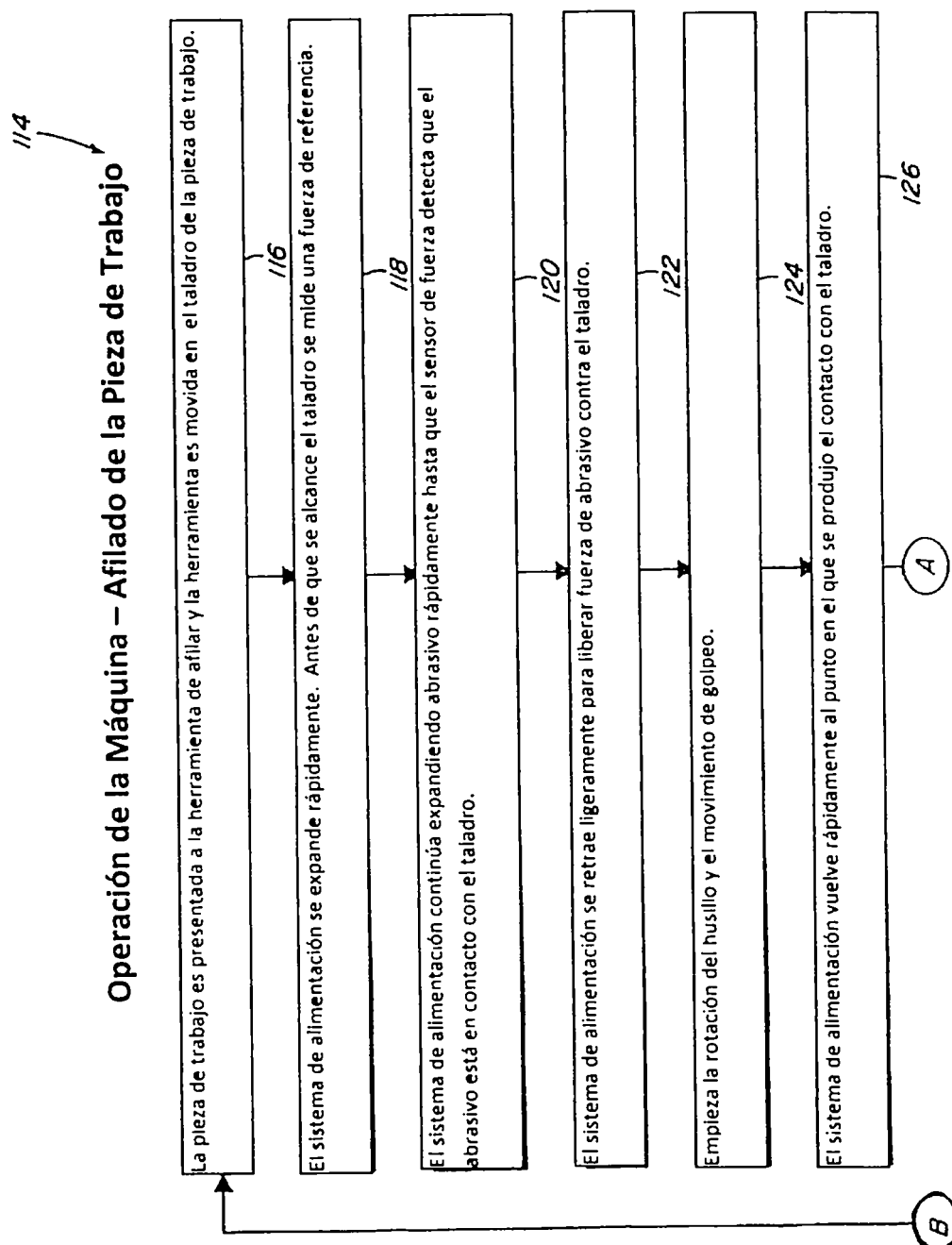


Fig. 6

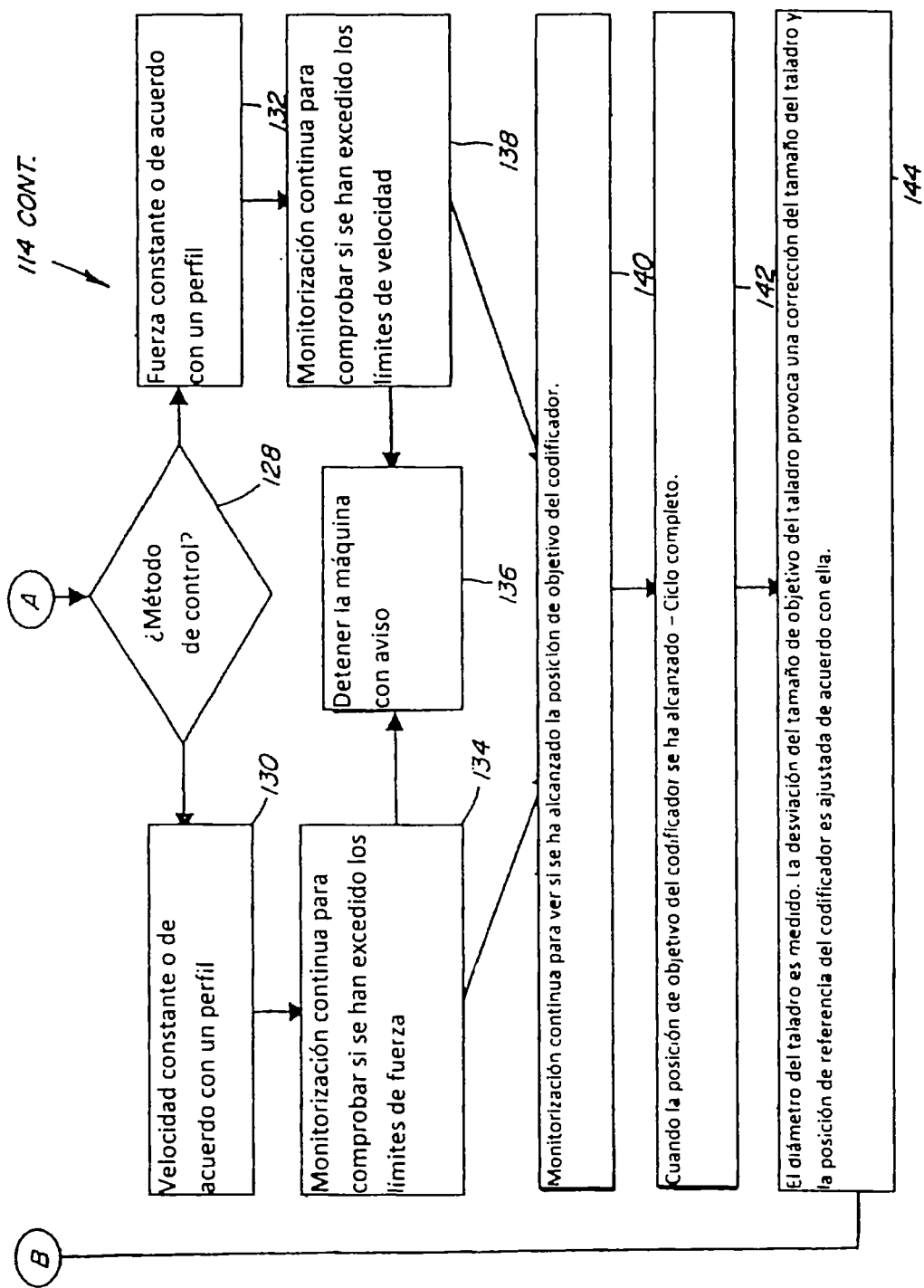


Fig. 6a

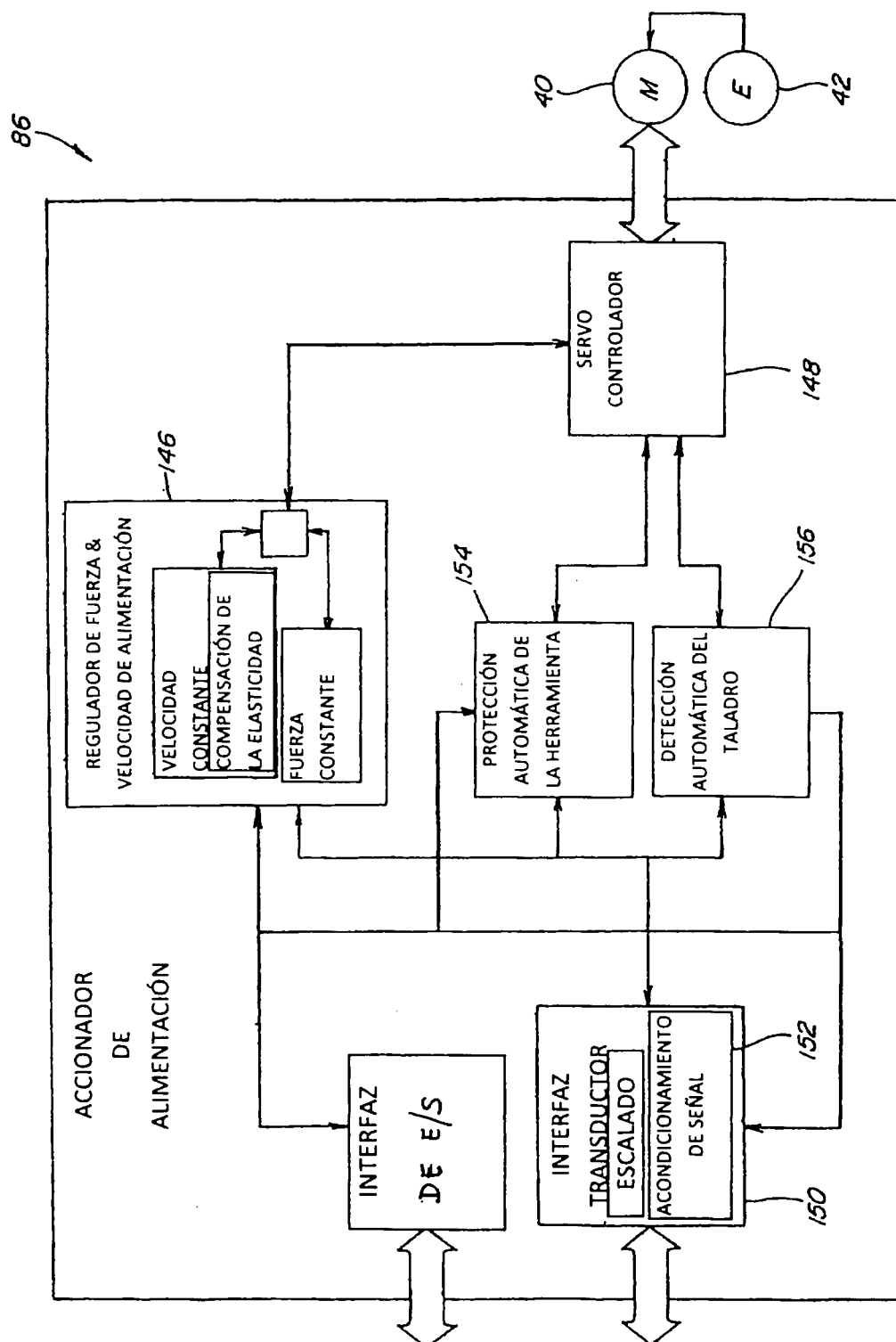


Fig. 7