(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 477 500**

(51) Int. CI.:

B23B 35/00 (2006.01)
B23B 51/00 (2006.01)
B23Q 17/09 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2008 E 08763211 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014 EP 2164663**

(54) Título: **Procedimiento para controlar una máquina de perforación, y aparato para realizar dicho procedimiento**

(30) Prioridad:

06.06.2007 IT TO20070395

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.07.2014

(73) Titular/es:

BISIACH & CARRÙ S.P.A. (100.0%)
Corso Piemonte, 36
10078 Venaria Reale (TO), IT

(72) Inventor/es:

BISIACH, BRUNO

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Procedimiento para controlar una máquina de perforación, y aparato para realizar dicho procedimiento

La invención se refiere a un procedimiento para controlar una máquina de perforación y a un aparato para realizar dicho procedimiento. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento del tipo según el preámbulo de la reivindicación 1, y a un aparato del tipo según el preámbulo de la reivindicación 7.

Más precisamente, la invención se refiere a un procedimiento para controlar una máquina de perforación para la ejecución automatizada de ciclos de trabajo de precisión, por ejemplo, ciclos de perforación de precisión, y a un aparato para realizar dicho procedimiento.

Las herramientas de mecanizado de rectificado, comúnmente conocidas como máquinas de perforación o taladros, son conocidas por hacer orificios cilíndricos en materiales de diversos tipos y formas. La herramienta que se utiliza en máquinas de perforación se conoce comúnmente como "broca" y generalmente se somete a un movimiento de corte giratorio y a un movimiento de avance de traslación a lo largo de su eje longitudinal.

Las máquinas de perforación se utilizan no sólo para hacer orificios en piezas sólidas, sino también para realizar, por medio de las herramientas adecuadas, operaciones de ampliación de orificios, ensanchado, escariado, roscado (en cuyo caso se denominan máquinas de roscado), agujereado, etc.

Los parámetros que determinan la velocidad y la calidad de la ejecución de los orificios incluyen: el material del que está hecha la herramienta, sus condiciones de afilado, la velocidad de corte, la velocidad de avance y la presencia de un lubricante.

Entre los parámetros anteriores, se sabe que las condiciones de afilado de la herramienta se degradan con el uso durante el trabajo. Por lo tanto, puede suceder que una herramienta, cuyo funcionamiento satisface perfectamente los parámetros y las tolerancias requeridas que se realizan inicialmente, ya no permite obtener el mismo resultado después de un número de ciclos de trabajo.

Dado que la realización de un ciclo de trabajo adicional con la herramienta ya desgastada conllevaría la consecución de un resultado inaceptable, por lo que una pieza trabajada posiblemente deba ser rechazada, queda claro que es necesaria una intervención para reemplazar la herramienta por una nueva o afilar la herramienta antes de la realización de un ciclo de trabajo adicional.

En muchas aplicaciones, donde no se requiere una alta calidad de la ejecución del orificio u otros trabajos y, por lo tanto, se tolera el uso de herramientas incluso no perfectamente afiladas, a menudo será suficiente una intervención empírica, mediante la sustitución de la herramienta después de un número dado de orificios, por ejemplo, estimados estadísticamente o estimados sobre la base de evaluaciones visuales periódicas de las condiciones de la herramienta.

En otras aplicaciones, especialmente en aplicaciones de muy alta precisión o en aplicaciones en las que se taladra el orificio en materiales muy caros, o donde se perforan un número muy alto de orificios, de modo que el rechazo de una pieza debido a un error de trabajo tendría serias consecuencias económicas, en cambio, debe operarse siempre con herramientas perfectamente afiladas, es decir, herramientas cuyas condiciones de afilado sean sustancialmente las mismas que las condiciones iniciales de una nueva herramienta.

Esta necesidad implica un reemplazo muy frecuente de la herramienta, incluso después de unas pocas decenas de orificios o en algunos casos incluso después de un par de orificios, con un incremento de los costes y disminución de rendimiento.

En algunos campos de aplicación, por ejemplo en aeronáutica y en la industria aeroespacial, donde es necesario perforar varios miles de orificios en materiales especiales, por ejemplo, aleaciones de carbono o materiales compuestos asociados con una capa de titanio, mediante herramientas muy caras, para el montaje posterior a través de remachado, el procedimiento descrito anteriormente tiene el inconveniente de exigir, por un lado, un tiempo muy largo para realizar los ciclos de trabajo, ya que es necesario detener con frecuencia la máquina de perforación para sustituir la herramienta y, por otro lado, una sustitución de la herramienta muy temprana, para evitar que toda una pieza de trabajo muy cara, en la que ya se ha realizado un número muy elevado de ciclos de trabajo, sea dañada incluso mediante una sola operación, por ejemplo, un orificio de baja calidad.

En este campo, se conoce también la necesidad de taladrar varios orificios en materiales compuestos, formados por ejemplo de láminas superpuestas. Materiales de este tipo incluyen, por ejemplo, piezas obtenidas por superposición de láminas convexas, es decir, una lámina externa de carbono y una lámina interna de titanio, para la construcción de fuselajes de aeronaves. El acoplamiento de las dos láminas se realiza por remachado y, por lo tanto, es necesario realizar previamente la perforación.

Los orificios que deben perforarse en el material compuesto requieren el uso de herramientas especiales capaces de la perforación del orificio y la formación de un ensanche externo en la capa de carbono para el alojamiento de la cabeza del remache, que tiene que estar perfectamente a ras con la superficie del fuselaje.

Debido a las características del material, la perforación de la capa de carbono, además, generalmente se realiza a una velocidad mucho mayor que la perforación de la capa de titanio, típicamente 20.000 rpm para el carbono y aproximadamente 1.000 rpm para el titanio. Además, las velocidades de avance son muy diferentes, ya que la perforación de carbono es bastante rápida, típicamente del orden de al menos 2000 mm/min, y la perforación del titanio es más bien lenta, típicamente del orden de 50 mm/min.

Por otra parte, la velocidad de rotación de la herramienta también cambia durante el ensanchamiento, donde alcanza aproximadamente 500 rpm. En realidad, como en esta fase la broca de perforación ya ha pasado en parte hacia fuera de la capa de titanio, una velocidad de ensanchamiento más alta resultaría en el peligro de fusión del titanio, con el consiguiente riesgo de rebabas en el orificio que se ha acaba de hacer.

Claramente, en la aplicación anterior, pero no sólo, es necesario determinar la profundidad óptima a la que se deben cambiar las velocidades de rotación y de avance, de tal manera que el orificio en la capa de carbono se taladra a la velocidad óptima, la velocidad se reduce posteriormente cuando se alcanza la capa de titanio, y luego la velocidad se reduce aún más para la etapa de ensanchado final.

El documento WO 2006/067398 se refiere a un ejemplo de un procedimiento y un aparato del tipo especificado anteriormente. Dicho documento divulga un procedimiento de control de la herramienta de mecanizado que emplea una herramienta de mecanizado para realizar un proceso de producción de una pieza de trabajo que tiene un implemento de corte para el mecanizado de una pieza de trabajo de acuerdo con el proceso. El implemento de corte comprende una primera parte que tiene un vástago y una segunda parte que tiene una superficie de corte y, opcionalmente, un soporte de herramienta, un dispositivo sensor proporcionado en la segunda parte del implemento de corte para detectar al menos una condición del proceso, y un controlador de la máquina. El procedimiento comprende: operar la máquina bajo el control del controlador de la máquina para provocar el inicio de un proceso, detectar al menos una condición del proceso, y adaptar el controlador o sensor en base a parámetros de corte durante el proceso de acuerdo con la condición detectada. El implemento de corte puede cambiarse durante el proceso. El proceso puede ser una sola operación de corte. Los parámetros basados en el sensor se pueden adaptar de forma independiente del controlador de la máquina.

El documento US 5.071.294 divulga un taladro de bruñido que incluye un cuerpo de taladro cilíndrico conectado en su extremo delantero integralmente con un vástago. El extremo delantero del cuerpo de taladro incluye un primer par de bordes de corte inclinados radialmente y hacia atrás desde el extremo central más adelantado del cuerpo de taladro hacia el vástago en un primer ángulo de corte. Un segundo par de bordes cortantes formados de brocas de diamante están dispuestos en un plano que corta el plano en el que se encuentra el primer par de bordes de corte. El segundo par de bordes de corte están inclinados radialmente y hacia atrás desde una posición dentro de un círculo que incluye los márgenes externos máximos del primer par de bordes de corte hacia el vástago en un segundo ángulo de corte.

El documento EP 0400284 divulga una estación de perforación automatizada para su uso en un sistema de fabricación controlado por ordenador que comprende: una estructura de bastidor ajustable para la sujeción de manera liberable de una pieza de trabajo en una posición de trabajo plana, un conjunto de portabrocas adaptado para recibir operativamente una broca de taladro seleccionada, un tren de accionamiento para mover selectivamente el conjunto de portabrocas sobre un eje perpendicular al plano de la posición de trabajo, unas pistas de avance para almacenar una pluralidad de brocas de taladro de varios tamaños predeterminados, un conjunto de robot para la transferencia de una broca de taladro seleccionado entre los bastidores de avance y el conjunto de portabrocas en una estación de transferencia remota desde la posición de trabajo; un tren de transmisión para trasladar selectivamente el conjunto de portabrocas entre la estación de transferencia y la posición de trabajo y entre posiciones en un lado de la pieza de trabajo alineada con puntos de perforación predeterminados en la posición de trabajo y una torreta selectivamente giratoria que tiene casquillos de diferentes tamaños dispuesta alrededor de la periferia de la misma para la disposición selectiva en relación opuesta al conjunto de portabrocas en cada punto de perforación predeterminado.

El documento EP 1083025 divulga un aparato de detección de anomalías para una herramienta. Este aparato está diseñado para juzgar anomalías de una herramienta mediante un valor umbral establecido de manera uniforme en relación con una carga de corte, incluso en un proceso de mecanizado, en el que una velocidad de avance cambia cada momento. El aparato de detección de anomalías comprende el corte de un dispositivo de detección de carga para detectar una carga de corte sobre la base de una corriente eléctrica de accionamiento que se envía a un sistema de accionamiento de avance y/o una corriente eléctrica de accionamiento que se envía a un sistema de accionamiento de husillo; un dispositivo de estimación de la carga de avance de acuerdo con la velocidad de avance en el que la carga de avance depende de la velocidad de avance; un dispositivo de detección de la carga de la herramienta, para elegir un componente de carga en función de la herramienta mediante la reducción de los datos de carga de avance estimados por el dispositivo de estimación de la carga de avance de los datos de carga de corte

detectados por el dispositivo de detección de carga de corte; y un dispositivo de juzgado de anomalías para juzgar si la herramienta está en una condición anormal o no sobre la base de los datos de carga elegidos por el dispositivo de detección de carga de la herramienta. Las anomalías de la herramienta se pueden juzgar mediante el límite establecido de manera uniforme sobre la base de la carga de la herramienta donde se ha eliminado la carga de avance que fluctúa bajo la velocidad de avance.

El documento EP 1329270 divulga un aparato robotizado que se puede utilizar, por ejemplo, en la industria aeronáutica, para taladrar orificios en materiales del tipo anterior por medio de una máquina de perforación.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato para la ejecución de ciclos de trabajo de precisión, cuyo procedimiento y aparato permiten resolver el problema de cómo determinar la variación en la calidad del resultado que ha sido o está siendo obtenido, respecto a una calidad deseada.

Un segundo objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato que permiten la determinación de las condiciones de desgaste de la herramienta, en particular, de una broca de taladro.

Un tercer objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato que permiten la sustitución de la herramienta sólo cuando sus condiciones de afilado ya no cumplen con los requisitos deseados.

Un cuarto objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un aparato que permiten determinar la profundidad óptima a la que las velocidades de rotación y de avance deben cambiarse durante un trabajo realizado con herramientas mixtas que realizan de forma simultánea dos o más trabajos.

Un objeto adicional, pero no último, de la presente invención es proporcionar el procedimiento y el aparato anterior de manera que sean fáciles y baratos de implementar en máquinas de perforación actualmente en uso.

Los objetos anteriores y otros se consiguen mediante el procedimiento y el aparato según se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

Ventajosamente, gracias a la medición del cambio en la carga aplicada a la pieza de trabajo, es posible determinar las condiciones, y por lo tanto la calidad de la ejecución, del ciclo de trabajo.

Por otra parte, gracias a la evaluación de dicho cambio de carga, es posible determinar las condiciones de desgaste de la herramienta, por ejemplo, una broca de taladro, y en consecuencia, sus condiciones de afilado, lo que permite la sustitución de la herramienta sólo cuando esto es realmente necesario, por ejemplo, para evitar la consecución de trabajos de baja calidad y altos costes debido a la sustitución temprana de las herramientas.

Ventajosamente, también es posible realizar el procedimiento de la invención en una máquina de perforación convencional, incluso de tipo robotizado, especialmente del tipo utilizado por ejemplo en la industria aeronáutica y aeroespacial, sin modificaciones sustanciales en la estructura de la máquina.

Una descripción detallada de una realización de ejemplo de la invención se proporciona a continuación con referencia particular a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- La figura 1 es una vista general esquemática de un aparato según la invención;

- La figura 2 es una vista frontal de un detalle del aparato mostrado en la figura 1, de acuerdo con una realización preferida de la invención;

- La figura 3 es una vista ampliada, parcialmente en sección transversal, de un detalle del aparato mostrado en la figura 2 durante un ciclo de trabajo;

- La figura 4 es una vista esquemática de una célula de carga;

- Las figuras 5a a 5e son vistas esquemáticas de la posición de la herramienta en una aplicación de ejemplo;

- La figura 6 es un gráfico de la variación de la carga medida durante el trabajo en la aplicación de ejemplo de las figuras 5a a 5d;

- La figura 7 es un diagrama de bloques esquemático del circuito de procesamiento de la señal de las células de carga.

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra esquemáticamente un aparato 11 según la invención. El aparato comprende un taladro 13 equipado con una herramienta 15, que en el ejemplo ilustrado es una broca para la perforación y ensanchado simultáneo, un soporte 17a, 17b con el que está asociada una pieza de trabajo 19, y una carga 21 aplicada a la pieza de trabajo 19 que se perforará. La carga está dispuesta preferiblemente en o cerca del

área en la que el orificio debe ser perforado y en la misma cara de la pieza de trabajo 19 en la que la herramienta 15 comenzará a trabajar.

En el ejemplo ilustrado, la pieza de trabajo 19 comprende, por ejemplo, un par de láminas convexas 19a, 19b superpuestas, que se unen por remachado después de haber sido perforadas. Dichas láminas, en caso de aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales, puede ser, por ejemplo, una primera lámina externa 19a hecha de carbono y una segunda lámina interna 19b hecha de titanio.

Todavía con referencia a la figura 1, en el ejemplo ilustrado, el aparato 11 según la invención está asociado con un equipo robotizado que comprende un primer robot antropomórfico 23 que tiene una pluralidad de brazos 25a, 25b, 25c articulados entre sí, y un segundo robot antropomórfico 27. El primer robot se conoce como "robot exterior" respecto a la pieza de trabajo y tiene asociado con el mismo el taladro 13 y la carga 21. El segundo robot, que se conoce como "robot interior" respecto a la pieza de trabajo, tiene una pluralidad de brazos 29a, 29b, 29c articulados entre sí y tiene asociado con el mismo un elemento de contraste 31. Este último es colocado preferiblemente por robot interior 27 en o cerca del área en la que el orificio debe ser perforado y en la cara de la pieza de trabajo 19 opuesta a aquella en la que la herramienta 15 comenzará a trabajar.

Los robots interior y exterior 23 y 27 están además bien sujetos, directamente o a través de una estructura de soporte que también pueden incluir guías para el desplazamiento de los robots respecto a la pieza de trabajo y viceversa, a un suelo P en el que también el soporte 17a, 17b de la pieza de trabajo 19 a perforar se apoya directamente o a través de una estructura correspondiente.

Volviendo ahora a la figura 2, se muestra una realización preferida de la invención en la que el taladro 13, equipado con un mandril 14 y la herramienta 15, está asociado con la cabeza 33 del robot de exterior 23 por medio de una primera guía 35, que es deslizable a lo largo de una dirección generalmente paralela al eje de rotación del mandril 14 y está montado preferiblemente sobre una mesa giratoria 37. Un conjunto de herramientas 39a, 39b que realizan otros trabajos, como remachado, inyección de material de sellado en el orificio, etc., están montadas radialmente en dicha mesa de forma conjunta con el taladro 13.

Siempre con referencia a la realización mostrada en la figura 2, la carga 21 también se asocia preferiblemente con la cabeza 33 del robot exterior 23, por medio de una segunda guía 35, que es deslizable a lo largo de una dirección preferiblemente paralela a la dirección de deslizamiento de la primera guía y está también preferiblemente montada en la mesa giratoria 37, paralela a la primera guía 35, pero independientemente de la misma, de manera que el taladro 13 y la carga 21 se pueden hacer por separado para deslizar respecto a la mesa 37.

Volviendo ahora a la figura 3, se muestra mejor el área de perforación, donde la herramienta 15, en el ejemplo ilustrado una broca de taladro con doble diámetro $d1 < d2$, que por lo tanto realiza también el ensanche de la porción inicial 40 del orificio 41, está situada al final de la etapa de perforación. Allí, la broca está rodeada por pie de soporte 44 al que se aplica la carga 21.

En el ejemplo ilustrado, el pie de soporte 44 incluye una placa 45 con un orificio central asociada con una abrazadera 47 montada en la guía 43, que se apoya directamente en la cabeza del robot o se soporta a través de la interposición de la mesa giratoria.

Ventajosamente, según la invención, la placa 45 incluye un elemento de soporte 46 asociado con la placa 45 a través de la interposición de al menos un dispositivo transductor 49 capaz de cambiar, dependiendo de la intensidad de la carga a la que está sometido, al menos uno de los parámetros en una señal eléctrica aplicada a o generada por el transductor. De acuerdo con la invención, se proporcionan cuatro transductores 49, dispuestos en las esquinas de un cuadrado cuyo centro está situado en el eje de la herramienta 15.

Transductores adecuados para el propósito son, por ejemplo, las denominadas células de carga. Una célula de carga es en realidad un dispositivo electrónico (transductor) utilizado para la conversión de una fuerza, por ejemplo, una reacción al empuje ejercido por la carga 21 contra la pieza de trabajo 19, en una señal eléctrica. La conversión generalmente se realiza en dos etapas: a través de una disposición mecánica, la fuerza se convierte en la deformación de un medidor de tensión, que a su vez convierte la deformación mecánica en una señal eléctrica.

Las células de carga, a su vez, están conectadas a un circuito electrónico que incluye generalmente también una fuente de alimentación, un amplificador de señal y un instrumento de detección (un indicador o un registrador). Por otra parte, la señal amplificada se procesa generalmente mediante un algoritmo para el cálculo de la fuerza aplicada al transductor.

Las células de carga resistivas (medidores de deformación), es decir, células capaces de cambiar su resistencia eléctrica en función de la carga aplicada, se encuentran entre las células más utilizadas, debido a su facilidad de uso y versatilidad.

Un ejemplo de célula de carga se divulga en el documento US 903.973, que divulga una célula de carga de compresión axial. Mediante la aplicación de una corriente eléctrica a la célula, la señal de salida tiene una intensidad proporcional a la fuerza aplicada axialmente a la cabeza de la célula.

Haciendo referencia a la figura 4, se muestra un ejemplo de un transductor 49 que consiste en una célula de carga que incluye un cuerpo 49a, una cabeza 49b y un cable eléctrico que conecta la celda al circuito de control electrónico que, por ejemplo, compara las variaciones de carga con umbrales predeterminados para determinar el desgaste de la herramienta y/o el nivel del progreso del trabajo.

En el ejemplo ilustrado, la célula de carga puede ser sometida a una compresión en dirección axial con relación al eje de control S, obteniendo de este modo una variación proporcional en la señal eléctrica.

Preferiblemente, la célula está dispuesta de manera que el eje S es paralelo al eje de avance de la herramienta y, por lo tanto, al eje largo del cual se aplica la carga a la pieza de trabajo.

La carga que se puede aplicar para cargar la célula como la ilustrada puede ser de algunos cientos de kilogramos, por ejemplo, 500 kg, y por lo tanto, este tipo de dispositivo es particularmente adecuado para su uso en el aparato de acuerdo con la invención, donde se deben aplicar cargas del orden de 100 kg, por ejemplo 130 kg.

Volviendo a las figuras 5a a 5e, donde la carga 21 ha sido retirada por motivos de simplicidad, la posición de la herramienta se muestra en las cinco etapas de un ciclo de trabajo que comprende una fase de perforación y una fase de ensanchado posterior realizado por medio de una misma herramienta sobre material de doble capa 19.

Más particularmente, la figura 5a muestra la herramienta 15 antes del inicio de trabajo, la figura 5b durante la perforación de la primera capa 19a, que puede ser, por ejemplo, de carbono o de material compuesto a base de carbono, la figura 5c durante la perforación de la segunda capa 19b, que puede ser por ejemplo de titanio o de una aleación de titanio, la figura 5D en el comienzo de la fase de ensanche y la figura 5e al final de la fase de ensanche.

Haciendo referencia también a la figura 6, se muestra la variación de la carga medida por las células de carga asociadas con el pie de soporte 44. La carga aplicada a la pieza de trabajo antes de que comience la perforación se indica P_1 y puede ser, por ejemplo de aproximadamente 100 kg. Durante la perforación de la primera capa 19a (por ejemplo, de carbono) la carga medida se reducirá a un valor de $P_2 < P_1$, porque la reacción debido al empuje para el avance de la herramienta 15 en el material de la primera capa 19a.

Durante la perforación de la segunda capa 19b (por ejemplo, de titanio), la carga medida cambiará a un valor P_3, que es generalmente diferente de P_2 y puede ser mayor o menor que P_2, dependiendo de la composición del material de la segunda capa. En el ejemplo ilustrado en la figura 6, se ha asumido que el material de la segunda capa implica una reducción de la carga adicional debido a la mayor resistencia al avance de la herramienta 15, por el que $P_3 < P_2 < P_1$.

Por último, durante el ensanche, la carga alcanza un valor P_4, que es generalmente diferente de P_2 y P_3 y depende de la composición del material de la primera capa. En el ejemplo ilustrado en la figura 6, se ha supuesto que la fase de ensanche implica una reducción adicional de la carga debido a la mayor resistencia al avance de la herramienta, mientras que la primera capa está siendo ampliada, por el que $P_4 < P_3 < P_2 < P_1$.

Ventajosamente, la invención se basa en el principio de que una variación en la fuerza aplicada a la pieza de trabajo y que se mide por las células de carga es representativa de una variación en las condiciones de trabajo de la herramienta, por ejemplo, una broca de perforación y ensanche como la mostrada, por ejemplo, en la figura 3.

En realidad, si una carga P_1, por ejemplo 100 kg, se aplica a la pieza de trabajo antes de que comience la perforación, se notará una reducción de dicha carga a un valor de $P_2 < P_1$, determinado por la carga aplicada por el taladro en la broca y por la resistencia del material a la penetración de la broca, cuando se inicia la perforación.

Si la broca utilizada para la perforación está perfectamente afilada y la carga aplicada por el taladro es adecuada a la potencia de perforación, este valor P_2 será un poco diferente de un valor inicial de P_1. Si por el contrario se usa la broca, se realizará una reducción repentina de la carga aplicada a la pieza de trabajo, en el ejemplo incluso en algunas decenas de kilogramos, por lo que $P_2' << P_2 < P_1$. Del mismo modo, los valores de P_3' y P_4', respectivamente, tomados en las etapas de trabajo posteriores pueden ser significativamente diferentes de los obtenidos mediante el uso de una herramienta afilada.

Por lo tanto, según la invención, la reducción drástica, o una disminución por debajo de un límite predeterminado, de la carga aplicada a la pieza de trabajo puede ser explotada ventajosamente, no sólo para la determinación de la fase actual en el ciclo de trabajo, es decir, la etapa de progreso de trabajo, sino también para determinar las condiciones de desgaste de la herramienta y decidir si la herramienta se debe reemplazar antes de perforar el orificio posterior.

Volviendo ahora a la figura 7, se muestra un diagrama de bloques del circuito de procesamiento de la señal eléctrica a partir de células de carga 49.

La figura 7 muestra cuatro células de carga 49 situadas en el pie de soporte 44. Las células de carga 49 están conectadas a un circuito electrónico de procesamiento de señales 51 que incluye: una unidad 53 para el cálculo de un promedio de los valores obtenidos a partir de las células individuales, para obtener un solo valor de carga promedio (esta unidad es opcional, ya que incluso puede preverse una sola célula de carga y, por otra parte, la señal puede ser procesada de forma diferente, por ejemplo mediante la ponderación de forma diferente de los valores obtenidos a partir de las células individuales); un comparador 55 para comparar el valor promedio de carga con límites predeterminados, por ejemplo, valores P_2, P_3 y P_4, medidos durante un ciclo de trabajo realizado con una herramienta nueva y almacenada en una unidad de almacenamiento 57; un dispositivo de control 59 para controlar, en función del resultado de la comparación, la elección de la velocidad adecuada para el trabajo en curso, por ejemplo, una velocidad V_1 para la primera capa, V_2 para la segunda capa, V_3 para el ensanche, en una unidad de selección de la velocidad de trabajo 61, o el ciclo de parada de trabajo en una unidad de detención 63, o el ciclo de sustitución de la herramienta en una unidad de reemplazo 65, o una señal de alarma, etc.

Todas dichas unidades, o algunas de las mismas, pueden también ventajosamente integrarse en un único dispositivo electrónico, tal como un procesador electrónico.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar una máquina de perforación, que comprende las etapas de:

- proporcionar una máquina de perforación (13);
- equipar dicha máquina (13) con una herramienta (15);
- proporcionar una pieza de trabajo (19);
- asociar dicha pieza de trabajo (19) con un soporte (17a, 17b);
- aplicar una carga (21) a dicha pieza de trabajo (19);
- trabajar dicha pieza de trabajo mediante dicha herramienta (15); y
- medir las variaciones de carga inducidas por la resistencia de la pieza de trabajo al trabajo;

estando el procedimiento caracterizado porque comprende además las etapas siguientes:

- proporcionar un pie de soporte (44);
- aplicar dicha carga (21) a dicha pieza de trabajo (19) por medio de dicho pie (44);
- soportar dicha máquina de perforación (13) mediante una primera guía (35) a lo largo de la cual dicha herramienta (15) avanza durante la etapa de trabajo correspondiente de dicha máquina de perforación (13); y
- soportar dicho pie (44) mediante una segunda guía (43) deslizable a lo largo de una dirección de avance generalmente paralela a una dirección de avance de dicha primera guía (35),

en el que dicha herramienta (15) es una broca de taladro con diámetro doble.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además una etapa de medir dichas variaciones de carga por medio de al menos un transductor (49) asociado con dicho pie (44).

3. Procedimiento según la reivindicación 2, que comprende además la etapa de medir dicha variación de la carga mediante cuatro transductores (39) asociados con dicho pie (44) dispuestos en las esquinas de un cuadrado cuyo centro está situado en el eje de dicha herramienta (15).

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una etapa de aplicación de dicha carga (21) en o cerca del área en la que el orificio debe ser perforado y en la misma cara de dicha pieza de trabajo (19) como aquella en la que dicha herramienta (15) está pensado para empezar a trabajar.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además la etapa de hacer que dicho pie (44) rodee dicha herramienta (15).

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una etapa de comparar dichas variaciones de carga con límites predeterminados para realizar uno o más de las siguientes etapas:

- determinar el estado de progreso de trabajo;
- determinar el desgaste de la herramienta; y
- cambiar la velocidad de rotación de la herramienta en función del resultado de la etapa de comparación.

7. Un aparato para controlar una máquina de perforación, que comprende:

- una máquina de perforación (13);
- una herramienta (15) que equipa dicha máquina;
- un soporte (17a, 17b) que se puede asociar con una pieza de trabajo;
- una carga (21); y
- un dispositivo para la medición de las variaciones de carga inducidas por la resistencia de la pieza de trabajo al trabajo;

estando el aparato caracterizado porque comprende, además, un pie de soporte (44) por medio de la cual dicha carga (21) es capaz de aplicarse a dicha pieza de trabajo (19),

en el que dicha herramienta (15) es una broca de taladro con diámetro doble, dicha máquina de perforación (13) está soportada por una primera guía (35) a lo largo de la cual dicha herramienta (15) es capaz de avanzar durante la etapa de trabajo correspondiente de dicha máquina de perforación (13), y en el que dicho pie (44) está soportado por una segunda guía (43) deslizable a lo largo de una dirección de avance generalmente paralela a una dirección de avance de la primera guía (35).

8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho dispositivo comprende al menos un transductor (49) asociado con dicho pie (44).

9. Aparato según la reivindicación 8, en el que dicho al menos un transductor comprende una célula de carga (49).

10. Aparato según la reivindicación 7 u 8, en el que dicho dispositivo comprende cuatro transductores (39) asociados con dicho pie (44) dispuestos en las esquinas de un cuadrado cuyo centro está situado en el eje de dicha herramienta (15).

11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que dicha carga (21) está destinada a aplicarse en o cerca del área en la que el orificio debe ser perforado y en la misma cara de dicha pieza de trabajo (19) como en la que dicha herramienta (15) está destinada para empezar a trabajar.

12. Aparato según la reivindicación 11, en el que dicho pie (44) es capaz de rodear dicha herramienta (15).

13. Aparato según la reivindicación 12, en el que dicho pie de soporte (44) comprende una placa central (45) provista de un orificio capaz de rodear dicha herramienta (15) y asociada a un soporte (47) montado en dicha segunda guía (43).

14. Aparato según la reivindicación 13 cuando depende de la reivindicación 8, en el que dicha placa (45) comprende un elemento de soporte (46) y dicho al menos un transductor (49) interpuesto entre dicho elemento (46) y el resto de dicha placa de soporte (45).

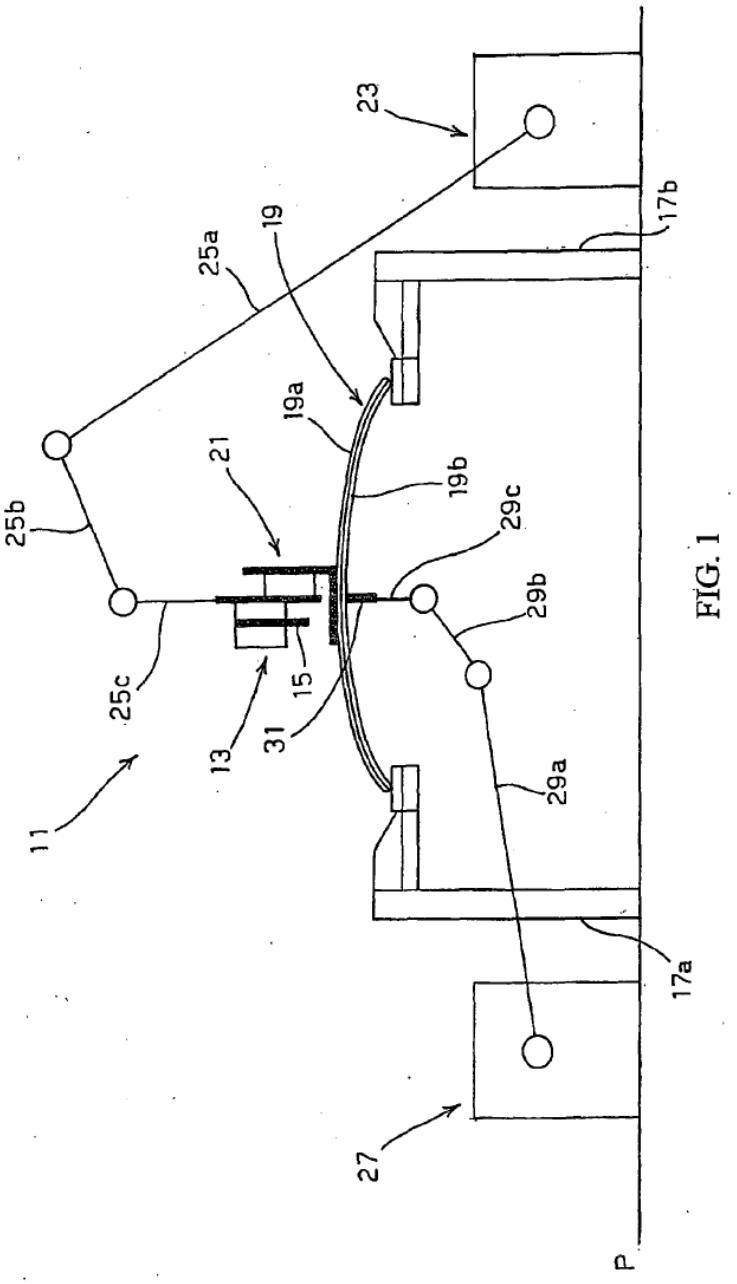

FIG. 1

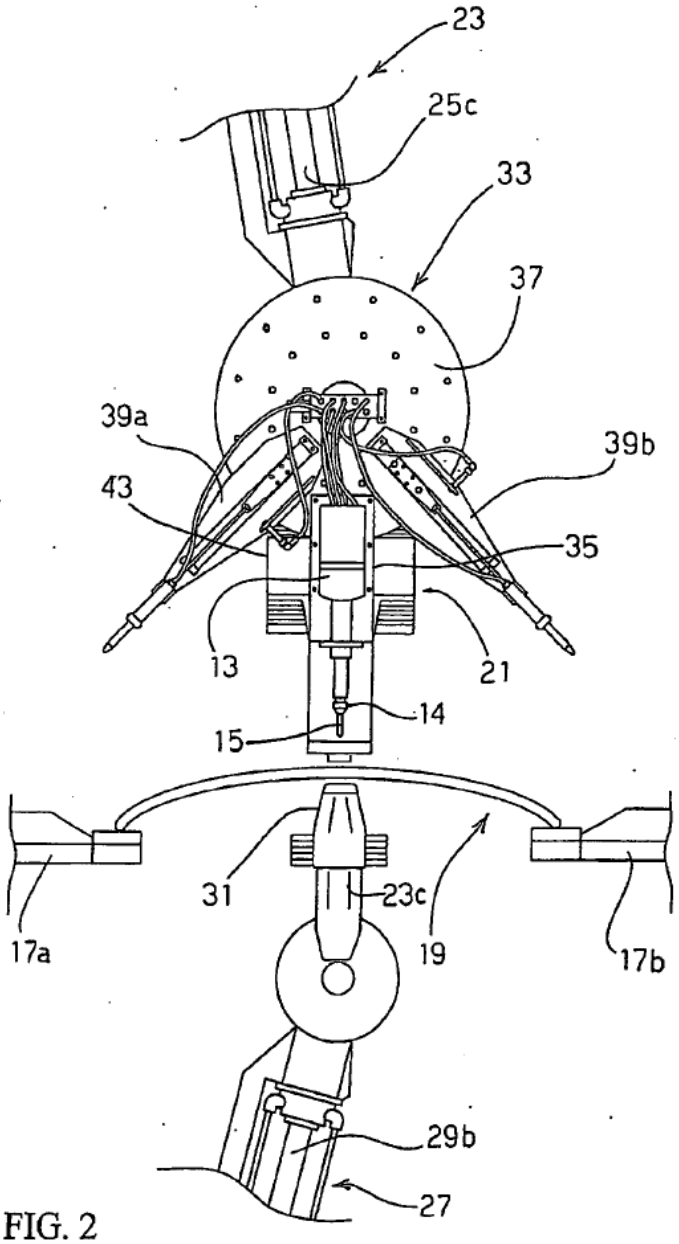

FIG. 2

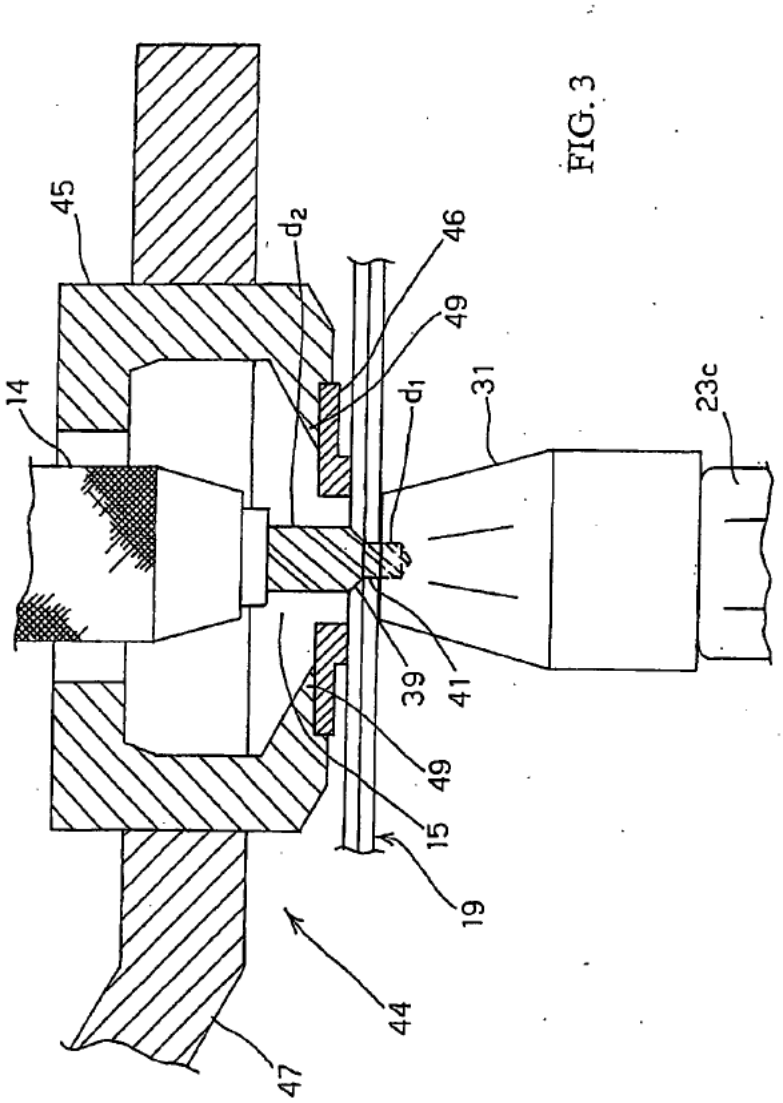

FIG. 3

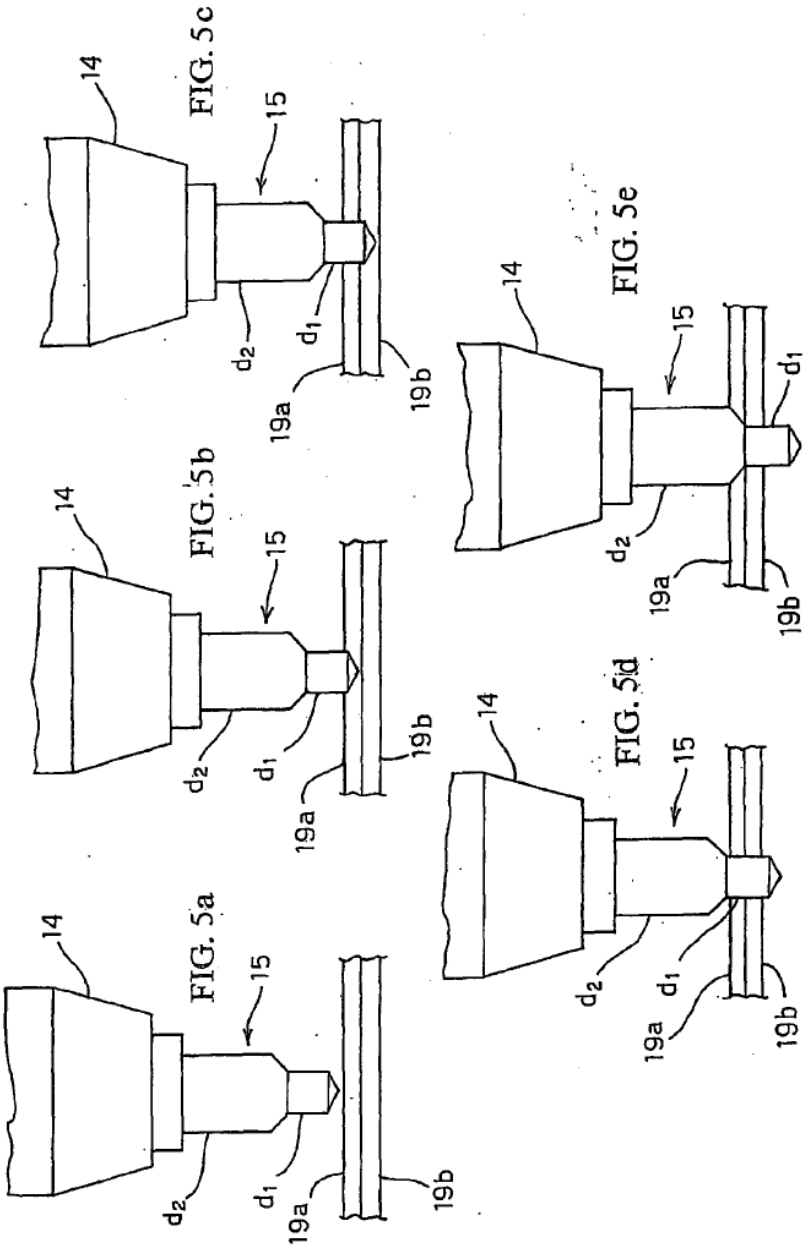
FIG. 5a
FIG. 5b
FIG. 5c
FIG. 5d
FIG. 5e
14
15
19a
19b
d1
d2

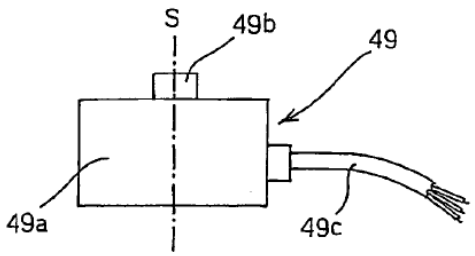

FIG. 4

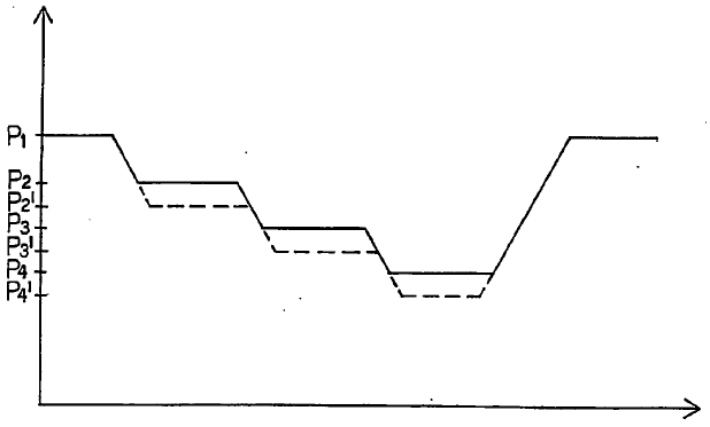

FIG. 6

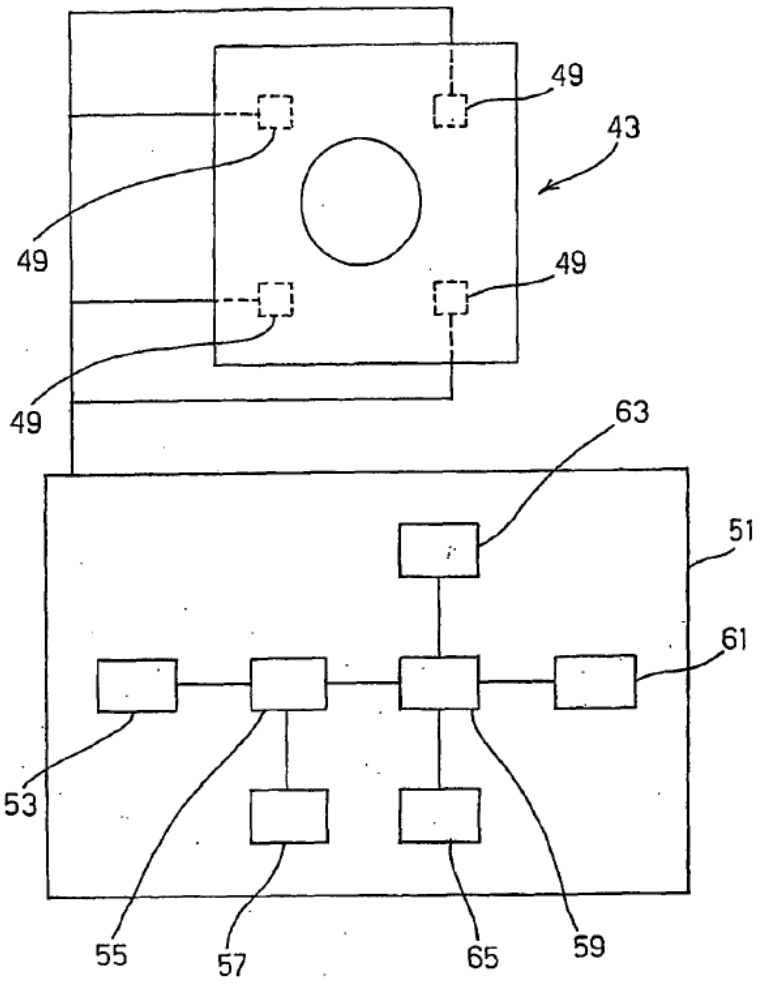

FIG. 7