



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 293 575**

51 Int. Cl.:  
**B24B 5/42** (2006.01)  
**B24B 27/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05740437 .8**  
86 Fecha de presentación : **06.05.2005**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1635989**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **22.03.2006**

54 Título: **Mejoras relativas al rectificad de superficies cilíndricas y de paredes laterales adyacentes.**

30 Prioridad: **15.05.2004 GB 0410944**  
**21.06.2004 GB 0413783**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.03.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.03.2008**

73 Titular/es: **Cinetic Landis Grinding Limited**  
**Eastburn Works, Skipton Road, Cross Hills**  
**Keighley BD20 7SD, GB**

72 Inventor/es: **Banks, Michael;**  
**Randell, Edward Richard;**  
**Hall, David William;**  
**Bartlett, Christopher David y**  
**Clewes, Stuart**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 293 575 T3

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

# ES 2 293 575 T3

## DESCRIPCIÓN

Mejoras relativas al rectificado de superficies cilíndricas y de paredes laterales adyacentes.

### 5 **Campo de la invención**

Esta invención está relacionada con los métodos de rectificación y con las máquinas rectificadoras, en particular para el rectificado de las superficies de soporte de rodamientos cilíndricos y sus paredes laterales adyacentes, y muñequillas cilíndricas fuera del eje y sus paredes laterales adyacentes de un cigüeñal.

### 10 **Antecedentes**

El documento EP-A-990483 expone una maquina rectificadora para la rectificación de un cigüeñal utilizando dos muelas rectificadoras. Las partes de las muñequillas del cigüeñal se rectifican mediante el desplazamiento de las muelas a lo largo de unos ejes perpendiculares al eje rotacional del cigüeñal.

En la patente de los EE.UU. numero 4603514 (Toyoda) se describe un método de rectificación en profundidad. Este método incluye una secuencia de rectificaciones en profundidad, en la cual durante al menos algunas de las rectificaciones en profundidad, el movimiento relativo entre la muela de rectificación y la pieza a mecanizar es tal que si la pieza a mecanizar se considera como estacionaria, la muela se observaría que moviéndose a lo largo de una trayectoria que se encontraría formando un ángulo agudo con respecto al eje de la superficie cilíndrica a rectificar, y durante la rectificación la muela eliminaría metal de tanto la superficie cilíndrica como de la pared lateral adyacente.

### 25 **Sumario de la invención**

La presente invención está dirigida a un método de operación de una máquina rectificadora, que incluye una muela de rectificado para rectificar una superficie cilíndrica sobre una pieza a mecanizar, en donde la superficie cilíndrica está unida en uno o en ambos extremos con una brida radial o pared lateral, la cual tiene que ser rectificada según unas medidas. De acuerdo con la invención, el método comprende las etapas de:

- 30 (1) llevar a cabo una rectificación en profundidad angular con un ángulo de avance de la muela seleccionado de forma que la rectificación de la pared lateral se complete por adelantado de la rectificación cilíndrica,
- 35 (2) después de haber completado la rectificación de la pared lateral, separar la muela de la pared lateral, de forma que solo la superficie circunferencial cilíndrica (la cara) de la muela haga acoplamiento de rectificación con la pieza a mecanizar, al menos en el inicio de la parte final de la rectificación, y
- 40 (3) rectificar en profundidad la superficie cilíndrica para obtener el diámetro final requerido de la superficie cilíndrica.

La separación del desplazamiento puede conseguirse mediante el desplazamiento axial de la muela con respecto a la pieza a mecanizar, o de la pieza a mecanizar con respecto a la muela de rectificación, mediante una pequeña distancia.

45 Durante la parte final de la rectificación en profundidad puede detenerse el movimiento axial relativo, invirtiendo el movimiento en una pequeña distancia para crear el desplazamiento de forma que después la trayectoria de la muela se normal a la superficie cilíndrica a rectificar. Alternativamente, en algunas circunstancias después de crear la separación, la muela puede avanzar a lo largo de una trayectoria en ángulo similar a la utilizada durante la parte previa de la rectificación, previniendo el contacto de la separación y la extracción de metal de la pared lateral durante la aproximación en ángulo final de la muela para completar la rectificación.

50 Preferiblemente, durante la parte final de la rectificación en profundidad, la velocidad de trabajo se reduce con respecto a la velocidad a la cual se hace girar durante la parte previa de la rectificación en profundidad, para ayudar a poder obtener la calidad deseada de la rectificación de la zona cilíndrica.

55 Preferiblemente durante la parte final de la rectificación en profundidad, el flujo de refrigerante se reduce con respecto al que se utiliza durante la parte previa de la rectificación en profundidad, de forma que se consiga la calidad deseada de la rectificación de la zona cilíndrica.

60 El método es aplicable a la rectificación de las muñequillas del cigüeñal cilíndricas o de las superficies de soporte del rodamiento principal del cigüeñal, pero puede utilizarse para la rectificación de cualesquier superficie cilíndrica unida en uno o en ambos extremos con una brida radial que tenga que rectificarse también según unas medidas.

65 En un método que incluye la invención, se rectifican un diámetro y dos paredes laterales con la utilización de una sucesión de dos muelas en profundidad en ángulo, aunque con cara lateral de la muela de rectificación separada de la pared lateral de la pieza a mecanizar durante una parte final de cada rectificación en profundidad. Durante cada rectificación en profundidad en ángulo, se controlan la velocidad de avance, los contactos, velocidad del trabajo, presión del refrigerante y la tasa de flujo, en relación con los puntos finales de la rectificación, de forma que una pared

## ES 2 293 575 T3

lateral en un extremo de la superficie cilíndrica y la parte adyacente a la última se rectifican según medidas de la forma descrita anteriormente.

5 Después de rectificar la pared adyacente y el diámetro mediante la primera rectificación en profundidad en un extremo, se retrae la muela y se indexa si fuera necesario lateralmente antes de ejecutar una segunda rectificación en profundidad en ángulo, haciendo que la muela se desplace a lo largo de una trayectoria hacia la pared lateral en el otro extremo de la superficie cilíndrica, para rectificar por tanto la pared lateral y el diámetro en el otro extremo de la superficie cilíndrica.

10 Preferiblemente, el indexado lateral no es superior a  $2/3$  del ancho de la muela, de forma que se asegure el solapado sobre el diámetro en las rectificaciones en profundidad.

15 Si el ancho de la muela fuera insuficiente para la longitud total del superficie cilíndrica a rectificar según el diámetro mediante dos rectificaciones en profundidad en ángulo, podrán realizarse una o más rectificaciones en profundidad perpendiculares entre la primera y la segunda rectificaciones en profundidad en ángulo, o después de la segunda rectificación en profundidad en ángulo.

Preferiblemente el proceso utiliza una muela perfilada rectificada.

20 La información de la rectificación de la muela y la posición de la caras de la muela permite que las paredes laterales y los diámetros sean mecanizadas con precisión.

25 Puesto que las caras laterales se utilizan por turno, la muela puede tener una profundidad igual del grano CBN sobre cada una de las dos caras laterales, y mediante la selección de una profundidad adecuada del grano CBN alrededor de la cara cilíndrica de la muela, la muela se desgastará uniformemente durante su uso, de forma que todo el grano CBN alrededor de la muela deberá ser utilizado antes de que la muela tenga que ser reemplazada.

30 Si la cantidad de metal a eliminar sobre el diámetro es aproximadamente del 50% con respecto al que tenga que eliminarse en las paredes laterales, entonces con la utilización de una muela CBN de 35,00 mm de ancha, el grosor de las capas CBN serán como sigue:

- Capa CBN (cilíndrica) en la cara de la muela = 5,0 mm.

35 - Capa CBN sobre la cara lateral izquierda de la muela = 5,0 mm.

- Capa CBN en la cara lateral derecha de la muela = 5,0 mm.

Esto proporciona un ancho rectificable total en la muela de 10 mm.

40 La invención está también dirigida a una máquina rectificadora y a un sistema de control basado en ordenador programable, programado para poder rectificar una zona cilíndrica unida al menos a una pared lateral radial sobre una pieza a mecanizar por medio de una serie de rectificaciones en profundidad. De acuerdo con la invención, el sistema de control está programado para controlar una muela de rectificación de la máquina, para rectificar cada pared lateral según unas dimensiones dadas hasta el diámetro correcto, y hacer que la muela se separe de la pared lateral rectificada al menos en el inicio de una rectificación en profundidad final del diámetro.

50 Puede utilizarse una máquina rectificadora de dos muelas, estando controlada cada muela para poder ejecutar una rectificación en ángulo con una separación lateral posterior, con antelación a la parte final cada rectificación, en el supuesto de que ambas muelas sean independientemente controlables a lo largo de los ejes X y Z de la máquina.

Un método que incluye la invención y parte del aparato para ejecutar el método es el que se muestra en las figuras adjuntas 1-14.

55 En la figura 15 se muestra una máquina rectificadora típica controlada por ordenador, y en la figura 16 se muestra una ilustración de las partes externas de la máquina rectificadora, y en la figura 17 se muestran la etapas del programa del ordenador incluidas en la operación de la máquina, para ejecutar la rectificación de las paredes laterales de acuerdo con la rectificación en diagonal propuesta por la invención.

60 El método se describirá primeramente con referencia a las figuras 1-14.

En la figura 1 el cabezal de las muelas se desplaza axialmente con respecto al cigüeñal 4 en la dirección marcada con "A", con el fin de posicionarse en forma adyacente a la zona a rectificar para la primera rectificación en profundidad. Esto se denomina como posición de inicio lateral de la muela 2.

65 En la figura 2 se muestra la muela 2 después de un desplazamiento rápido en profundidad en la dirección marcada con "B" hasta un punto final en el cual las muelas se encuentran a igual distancia de la pared lateral 6 y de la zona cilíndrica 8 a rectificar.

## ES 2 293 575 T3

En la figura 3 se muestra la muela durante una rectificación en profundidad en ángulo a la derecha de la dirección marcada con “C” utilizando los avances programados en la dirección de la pared lateral 6 RH y la zona cilíndrica 8, hasta los puntos finales programables. El ángulo ideal de avance es de 45° con el punto final de la pared lateral 6’ que se alcanza antes que el diámetro de la zona central 8’ mediante una distancia “x” de aproximadamente 0,010 mm.

5 Otras funciones controladas durante la rectificación en profundidad por los medios de los puntos finales de control escalonados, son los puntos de contacto, velocidades de avance multietapa, control de la presión del refrigerante y velocidades de la pieza a mecanizar, para poder obtener la calidad deseada de la rectificación. La velocidad de rotación de la pieza es típicamente de 80 RPM (cojinete) ó bien 40 RPM (muñequilla).

10 En la figura 4 la muela se muestra en la posición de separación (después del movimiento en la dirección marcada con “D”) requerida antes de ejecutar el resto de la rectificación en profundidad derecha. La separación posiciona la muela a una distancia de “y” de 0,050 mm de la pared lateral. La velocidad de trabajo y la tasa del flujo del refrigerante se reducen, y la muela avanza perpendicularmente hacia el eje de la zona cilíndrica. Típicamente, la pieza a mecanizar se hace girar a 20 RPM. Mediante la detención del desplazamiento axial de la pieza a mecanizar (utilizada durante la parte previa de la rectificación para conseguir el ángulo efectivo de 45° de avance), la separación se preserva durante la parte final de la rectificación en profundidad.

En la figura 5, la muela se muestra en el punto final de la parte final de la rectificación en profundidad en la dirección marcada con “E”, durante la cual la secuencia continua para utilizar los puntos finales de control escalonados, <sup>o</sup> del refrigerante y las velocidades de la pieza a mecanizar, para asegurar la calidad deseada de la rectificación para la superficie cilíndrica.

En la figura 6, la muela se muestra retraída en la dirección “F” separada de la pieza de trabajo hasta una posición segura programable del cabezal de las muelas, para permitir el indexado lateral del cabezal de las muelas hacia el extremo izquierdo LH de la zona que se encuentre en rectificación.

En la figura 7 la muela se muestra después del indexado lateral en la dirección “G” hacia una posición inicial para la segunda rectificación en profundidad con ángulo.

30 En la figura 8 se muestra la muela después de una dirección rápida en profundidad en la dirección “H” hasta el punto final desde el cual se comienza la rectificación en profundidad en ángulo a la izquierda LH. Esto corresponde a la posición de inicio de la figura 2 para la rectificación en profundidad a la derecha RH.

En la figura 9 se muestra la muela durante el rectificado en profundidad a la izquierda LH en ángulo, durante el cual se utilizan los avances programables en las direcciones de la pared lateral de la izquierda LH y en el diámetro de la zona central, para desplazar la muela en la dirección “I” hacia los puntos extremos programables. De nuevo el ángulo ideal de avance es de 45° en donde el punto extremo de la pared lateral a la izquierda LH se alcanza antes del diámetro de la zona central en aproximadamente 0,010 mm. Al igual que con la rectificación en profundidad en ángulo a la derecha RH, las demás funciones controladas durante la rectificación por los medios de los puntos finales de control escalonados son los contactos, tasas de avance multietapa, control de la presión del refrigerante y las velocidades de trabajo, para poder obtener la calidad deseada de la rectificación. Típicamente, la velocidad de rotación de la pieza es de 80 RPM (cojinete) y de 40 RPM (muñequilla).

45 La figura 10 muestra la muela en su segunda posición de separación, en donde la muela de nuevo se detiene fuera en la dirección “J” con 0,50 mm de distancia (distancia “z”), en esta ocasión desde la pared lateral izquierda LH, reduciéndose la velocidad de trabajo y la tasa del flujo de refrigerante. La velocidad de rotación puede reducirse a 20 RPM típicamente. Si el movimiento axial de la pieza de trabajo se detiene durante la parte final del rectificado, la trayectoria de la rectificación será perpendicular al eje de la zona cilíndrica, en lugar de 45°.

50 En la figura 11 se muestra la muela en el punto extremo de la parte final del rectificado en profundidad en la dirección “K”, durante la secuencia utiliza el uso de puntos extremos de control escalonados, controlando los puntos de contacto, tasas de avance multietapa, control de la presión del refrigerante, y las velocidades de trabajo, para asegurar la calidad deseada de rectificación de la superficie cilíndrica.

55 En la figura 12 la muela se muestra retraída alejada de la pieza de trabajo en la dirección “L” hacia una posición segura programable, lista para el indexado lateral subsiguiente del cabezal de la muela con respecto a dicha zona de la pieza a mecanizar, en caso de precisar un rectificado en profundidad adicional, (típicamente con el movimiento axial simultáneo de la pieza a mecanizar) en caso de que el ancho de la muela fuera insuficiente para el conjunto total de la longitud axial de la zona cilíndrica para la rectificación hasta el diámetro final.

60 En la figura 13 la muela se muestra retraída adicionalmente, de forma que el cabezal de la muela pueda indexarse a la siguiente parte del cigüeñal 4, el cual tiene que ser rectificado, y en donde la secuencia de rectificación múltiple en profundidad se repite desde la figura 1 anterior.

65 La figura 14 muestra una pieza del cigüeñal 4 montada entre el cabezal frontal 10 y el cabezal posterior 12, con el cabezal de la muela 14 preparado para la primera posición del rectificado, pero aparcado en una posición separada de la pieza a mecanizar, para permitir que esta última pueda desmontarse o montarse.

## ES 2 293 575 T3

La figura 15 muestra una máquina rectificadora 68. La máquina mostrada incluye dos muelas de rectificación 70,72 accionadas por los motores 74, 76 y montadas en los cabezales de las muelas 78, 80 por separado y con movimiento simultáneo hacia y alejándose de la pieza a mecanizar 82, a lo largo de las pistas lineales 84, 86, bajo el control de los motores 88, 90 de accionamiento del avance de las muelas. La pieza a mecanizar está montada entre los centros  
5 en un cabezal frontal 92 y un cabezal posterior 94, el cual alberga un motor (no mostrado) para hacer girar la pieza a mecanizar 82 por medio de un mandril de sujeción 96. La pieza a mecanizar mostrada es un cigüeñal de un motor de combustión interna, e incluye las muñequillas desplazadas tales como 98, que se tienen que rectificar según unas medidas dadas, en donde cada una constituye una pieza de trabajo cilíndrica para su rectificación.

Aunque se muestran dos muelas de rectificación en la máquina de la figura 15, se comprenderá que una de las muelas, cabezales de las muelas y motores de accionamiento pueden omitirse, de forma que la máquina contenga solo una muela de rectificación (por ejemplo, 71) tal como se muestra en las figuras 1-14.

El ordenador 100 que ejecuta un programa adecuado, controla la operación de la máquina y entre otras operaciones  
15 desplaza el cabezal 78) o ambos cabezales 78, 80) acercándose y alejándose de la pieza a mecanizar 82 conforme gira la pieza de trabajo, con el fin de mantener el contacto entre la muela y la muñequilla que esté siendo rectificada, conforme esta última gira circularmente alrededor del eje de los centros de la pieza a mecanizar.

Aunque no se muestra, puede incorporarse un calibre por el conjunto del cabezal de la muela para la medición  
20 durante el proceso del diámetro de la muñequilla conforme se procede a la rectificación.

En 102 se encuentra montada una plataforma firme accionada hidráulica o reumáticamente, que tiene una base 104 y un brazo en voladizo móvil 106, adaptado al extremo derecho tal como se muestra para acoplarse a una zona de rodamiento cilíndrico de la pieza de trabajo 82 del cigüeñal. Las señales de control para avanzar y retroceder 106 se  
25 derivan del ordenador 100.

Los calibres de detección del diámetro de la muela pueden estar incluidos, cuyas señales se suministran de retorno al ordenador 100.

De acuerdo con la presente invención, el cabezal de la muela 78 es móvil a lo largo de un eje paralelo al eje de la pieza de trabajo (eje Z) mediante una transmisión adicional.

En la figura 16 se muestran las partes esenciales de la máquina, a saber: un cabezal de muela 200 que tiene un motor de accionamiento de la muela 202, un motor de accionamiento del avance en el eje Z 204, y un motor 206  
35 de accionamiento del avance en el eje X. Los ejes X y Z están denotados por las flechas etiquetadas. La muela de rectificación 208 está montada en un lado del cabezal de la muela 200, y el movimiento del cabezal de la muela está controlado por señales procedentes de un sistema de control 20 por ordenador.

La pieza de trabajo 212 se muestra montada entre el cabezal frontal 214 y el cabezal de cola 216. El primero  
40 incluye un motor de accionamiento en el eje C (no mostrado) para hacer girar la pieza de trabajo alrededor del eje en sentido de la longitud. La pieza de trabajo incluye las bridas laterales en 212, 220 entre una zona cilíndrica 222 y el fin de la rectificación es terminar el rectificado de las paredes opuestas denotadas por 224, 226, y el diámetro de la zona cilíndrica 222.

De acuerdo con la invención, el cabezal de la muela se desplaza con respecto a la pieza de trabajo, de forma que una pared lateral de la muela de rectificación se lleve a hacer contacto con una de las paredes laterales (por ejemplo  
45 224) de la pieza de trabajo, en donde el movimiento del avance del cabezal de la muela estará controlado a lo largo de los ejes X y Z, de forma que se forme un ángulo agudo con el eje de la pieza de trabajo, típicamente de 45°, hasta completar la rectificación de la pared lateral, después de lo cual la muela se separará de la pared lateral 224, y el cabezal de la muela avanzará para terminar la rectificación del diámetro de la zona 222, mientras que mantiene la  
50 separación entre la pared lateral de la muela y la pared lateral de la pieza de trabajo 224.

La otra pared lateral de la pieza de trabajo 226 se rectifica entonces utilizando la otra pared lateral de la muela de rectificación, y se rectifica el resto de la zona cilíndrica 222, mientras que la muela se mantiene separada de la segunda  
55 pared lateral 226 de la pieza de trabajo.

La figura 17 muestra las etapas requeridas para su ejecución por parte del ordenador 210, en respuesta de los datos retornados desde los calibres y de las señales de posición de los ejes X y Z.

La rectificación se inicia en la etapa 228, lo cual provoca que el avance de la muela 206 haga desplazarse al cabezal de la muela 200 en forma paralela al eje X. El avance 206 en el eje X está controlado de forma que se rectifique un diámetro específico en la zona 222.

El avance en el eje X está monitorizado y cuando la muela haya alcanzado la posición de inicio del rectificado de la pared lateral (antes de que la muela haya alcanzado la zona 222) la etapa 200 generará una señal de SI para iniciar la rectificación de la pared lateral.

Aquí se supone que la primera pared lateral a rectificar es la 226 en la figura 16.

## ES 2 293 575 T3

La etapa 282 del programa provoca que el movimiento en el eje Z hacia la pared lateral seleccionada (226 en el ejemplo en consideración), sea simultáneo con el movimiento en el eje X iniciado por la etapa 228.

5 La etapa 232 proporciona dos salidas, una en la etapa 234 de control de la transmisión en el eje Z, y la otra para la etapa de lógica 236 de monitorización, que determina si el avance en el eje X ha alcanzado el diámetro deseado en la zona 222.

10 El movimiento en el eje Z está monitorizado por la etapa 238, la cual genera una señal SI, cuando el movimiento combinado en los ejes X y Z han dado por resultado que la pared lateral 226 haya sido rectificada según las dimensiones deseadas (medidas en la dirección Z):

15 La señal SI de la etapa 238 dispara la etapa 240 para instigar un movimiento inverso en el eje Z para el retroceso de la pared lateral de la muela 208 en el contacto con la pared lateral 216, rectificada ahora según dimensiones. La señal de salida de 240 indica que se ha completado el retroceso.

20 El estado lógico 242 proporciona una señal SI si la señal de salida de 240 indica un retroceso completo y si el movimiento en el eje X ha conseguido la posición deseada en la zona 222.

25 El estado lógico similar 244 proporciona una señal SI si el ciclo de la pared lateral que incluye el retroceso se ha completado cuando la etapa de monitoreo 235 confirme que la zona 222 haya sido rectificada según las dimensiones deseadas.

30 Cuando ambos estados lógicos 242 y 244 proporcionen una señal SI, la etapa 246 invertirá el accionamiento 206 del avanza del eje X para retraer la muela.

35 La rectificación de la otra pared lateral 224 se consigue por la inversión de las órdenes en el eje Z en el accionamiento en el eje Z 204, mientras que se ejecutan movimientos similares en el eje X en respuesta a las señales del ordenador 210.

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método de operación de una máquina rectificadora (68) que incluye una muela de rectificado (2) para rectificar una superficie cilíndrica (8) sobre una pieza de trabajo (4), estando unida la superficie cilíndrica en uno o en ambos extremos con una brida radial o pared lateral, la cual tiene que ser rectificada según unas dimensiones dadas, **caracterizado** porque el método comprende las etapas de:

- (1) llevar a cabo una rectificación en profundidad angular (C, I) con un ángulo de avance de la muela seleccionado de forma que la rectificación de la pared lateral se complete por adelantado de la rectificación cilíndrica,
- (2) después de haber completado la rectificación de la pared lateral, separar (D, J) la muela de la pared lateral, de forma que solo la superficie circunferencial cilíndrica (la cara) de la muela haga acoplamiento de rectificación con la pieza a mecanizar, al menos en el inicio de la parte final de la rectificación, y
- (3) rectificar en profundidad (E, K) la superficie cilíndrica para obtener el diámetro final requerido de la superficie cilíndrica.

2. Un método según la reivindicación 1, en el que la separación se consigue mediante el desplazamiento axial de la muela (2) con respecto a la pieza de trabajo (4) en una dirección paralela al eje longitudinal de la superficie cilíndrica.

3. Un método según la reivindicación 1, en el que la separación se obtiene mediante el desplazamiento axial de la pieza de trabajo (4) con respecto a la muela de rectificado (2) en una dirección paralela al eje longitudinal de la superficie cilíndrica.

4. Un método según la reivindicación 2 ó 3 en donde el movimiento axial relativo se detiene, invirtiendo el movimiento en una pequeña distancia para crear la separación y posteriormente la trayectoria de la muela siendo normal a la superficie cilíndrica a rectificar.

5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde su movimiento final para completar la rectificación después de crear la separación, la muela (2) se hace avanzar a lo largo de un recorrido en ángulo similar al utilizado durante la parte previa de la rectificación, siendo tal la separación que se prevenga el contacto con la pared lateral durante el movimiento de la muela después de la separación, y previniendo por tanto cualquier extracción de metal de la pared lateral durante la aproximación final en ángulo de la muela de rectificación.

6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde durante la parte final de la rectificación en profundidad, la velocidad de la pieza de trabajo se reduce a partir de la velocidad a la cual se hace girar durante la parte previa de la rectificación en profundidad antelación a la separación.

7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde durante la parte final de la rectificación en profundidad, la tasa de flujo del refrigerante se reduce a partir de la que se utiliza durante la parte previa de la rectificación en profundidad antes de la separación.

8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la pieza de trabajo (4) es un cigüeñal de un motor de combustión interna.

9. Un método según la reivindicación 8, en donde las zonas cilíndrica y de la pared lateral comprenden las superficies de soporte para un rodamiento principal del cigüeñal.

10. Un método según la reivindicación 8, en donde las zonas cilíndrica y de la pared lateral comprenden las asociadas con una muñequilla del cigüeñal.

11. Un método según cualquier reivindicación anterior, en donde la superficie cilíndrica (8) está unida en ambos extremos con una brida radial o pared lateral, y en donde dos superficies cilíndricas se rectifican utilizando una sucesión de rectificaciones (C, I) en profundidad en ángulo, en donde la cara lateral de la muela de rectificación se separa de una pared lateral de la pieza de trabajo durante una parte final de cada rectificación en profundidad.

12. Un método según la reivindicación 11, en donde durante una primera rectificación en profundidad en ángulo (C), se controlan la velocidad del avance, puntos de contacto, velocidad del trabajo, presión del refrigerante y su flujo, en relación con los puntos finales de la rectificación, de forma que la pared lateral en un extremo de la superficie cilíndrica y la parte adyacente de la última se rectifiquen según dimensiones dadas.

13. Un método según la reivindicación 12, en donde después de la rectificación de la pared lateral y el diámetro mediante la primera rectificación en profundidad en un extremo de la superficie cilíndrica, la muela se retrae, y se ejecuta entonces una segunda rectificación en profundidad (I) en ángulo, desplazando esta vez la muela a lo largo de una trayectoria hacia la pared lateral del otro extremo de la superficie cilíndrica, por tanto para rectificar la pared lateral y el diámetro en el otro extremo de la superficie cilíndrica.

## ES 2 293 575 T3

14. Un método según la reivindicación 13, en donde la muela se indexa lateralmente con antelación a la ejecución de la segunda rectificación en profundidad en ángulo (I).

5 15. Un método según la reivindicación 14, en donde el indexado lateral no es superior a los 2/3 del ancho de la muela, con el fin de poder asegurar el solapado en el diámetro entre las rectificaciones en profundidad.

10 16. Un método según la reivindicación 14, en donde el ancho de la muela es insuficiente para la longitud total de la superficie cilíndrica a rectificar para el diámetro dado, mediante dos rectificaciones (C, I) en profundidad en ángulo, y en donde al menos una rectificación (E) en profundidad perpendicular se ejecuta para rectificar la zona central de la superficie cilíndrica (8).

17. Un método según la reivindicación 16, en donde al menos una rectificación (E) en profundidad perpendicular se ejecuta entre la primera y segunda rectificaciones en profundidad en ángulo (C, I).

15 18. Un método según la reivindicación 16, en donde al menos una rectificación (K) en profundidad perpendicular se ejecuta después de la segunda rectificación (I) en profundidad en ángulo.

19. Un método según cualquiera de las rectificaciones 1 a 18, en donde se utiliza una muela perfilada rectificada.

20 20. Un método según la reivindicación 19 que comprende además la etapa de suministrar información del revestimiento de la muela y la posición de las caras de la muela a un sistema de control (100) de la máquina rectificadora (68), controlando el sistema de control la rectificación de las paredes laterales y los diámetros.

25 21. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en donde la muela tiene una profundidad igual del grano en cada una de las dos caras laterales, y seleccionándose una profundidad adecuado del grano para la cara cilíndrica de la muela, de forma que si la muela se desgasta uniformemente durante su uso, substancialmente todo el grano alrededor del lado y de las caras cilíndricas de la muela se utilizará antes de que la muela tenga que ser reemplazada.

30 22. Un método según la reivindicación 21, en donde el grano de la muela es CBN.

35 23. Una máquina rectificadora (68) y un sistema de control basado en un ordenador programable (100, 210), programado para rectificar una superficie cilíndrica (222) unida al menos por una pared lateral radial (224, 226) en una pieza de trabajo (212) por medio de una serie de rectificaciones en profundidad, **caracterizada** porque el sistema de control está programado para controlar una muela de rectificación (208) de la máquina, para rectificar cada pared lateral según unas dimensiones dadas, antes de que la superficie cilíndrica sea rectificada para el diámetro correcto, y hacer que la muela se separe de la rectificación para dimensionar la pared lateral al menos en el inicio de una rectificación en profundidad final del diámetro.

40 24. Una máquina rectificadora y un sistema de control, según la reivindicación 23, en donde la máquina rectificadora incluye dos muelas de rectificación que son controlables independientemente a lo largo de los ejes X y Z de la máquina, en donde cada muela está controlada para ejecutar una rectificación en ángulo con la separación lateral posterior, con antelación a la parte final de cada rectificación.

45

50

55

60

65

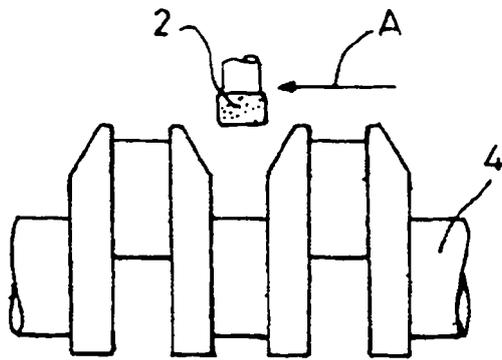


Fig. 1

Fig. 2

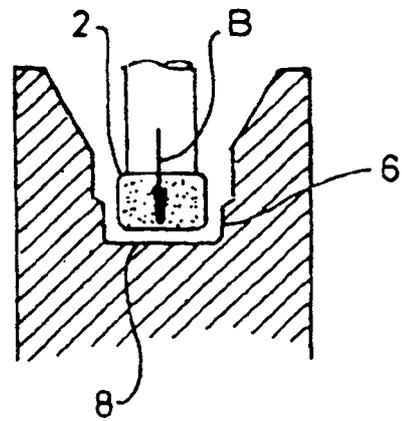


Fig. 3

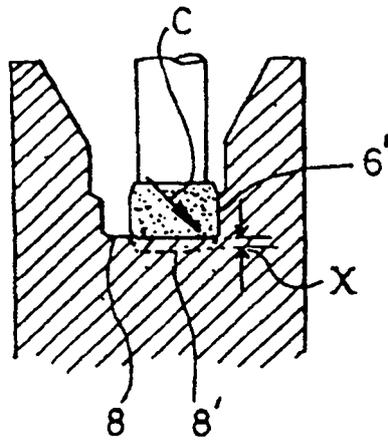
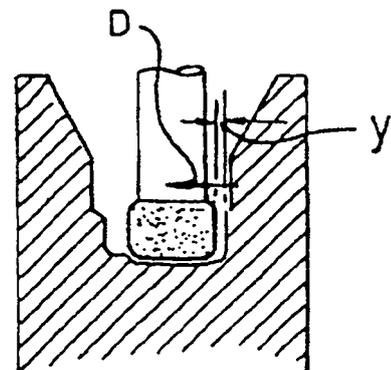


Fig. 4



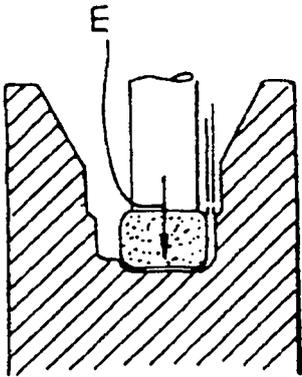


Fig. 5

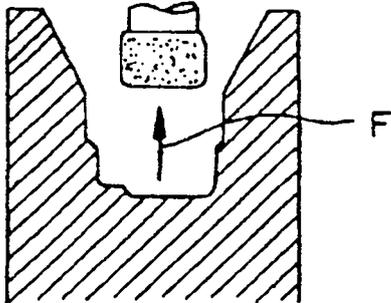


Fig. 6

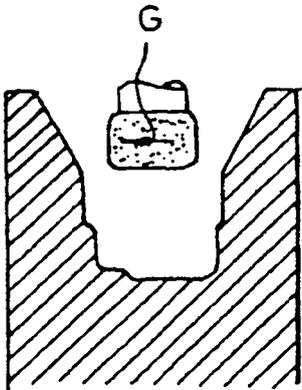


Fig. 7

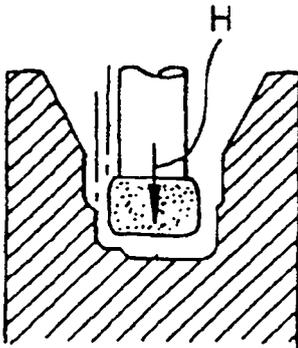


Fig. 8

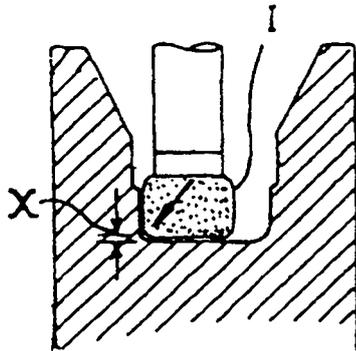


Fig. 9

Fig. 10

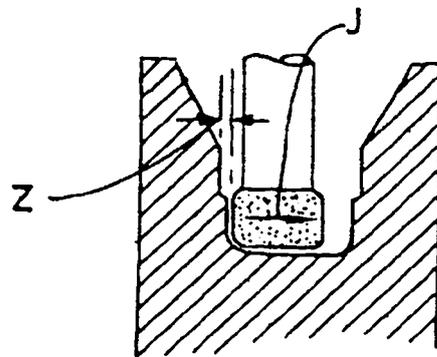


Fig. 11

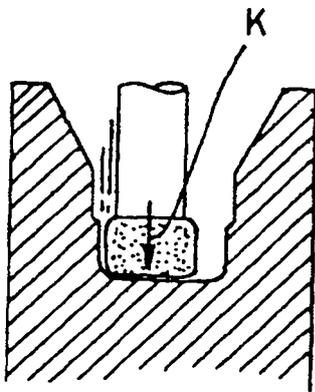
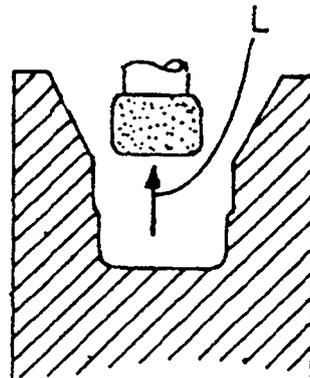


Fig. 12



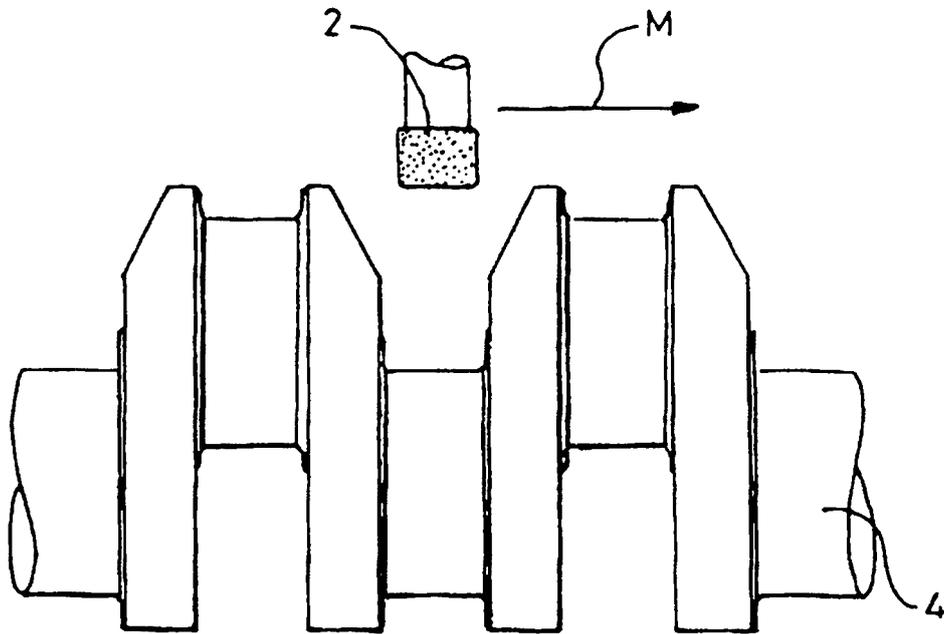


Fig. 13

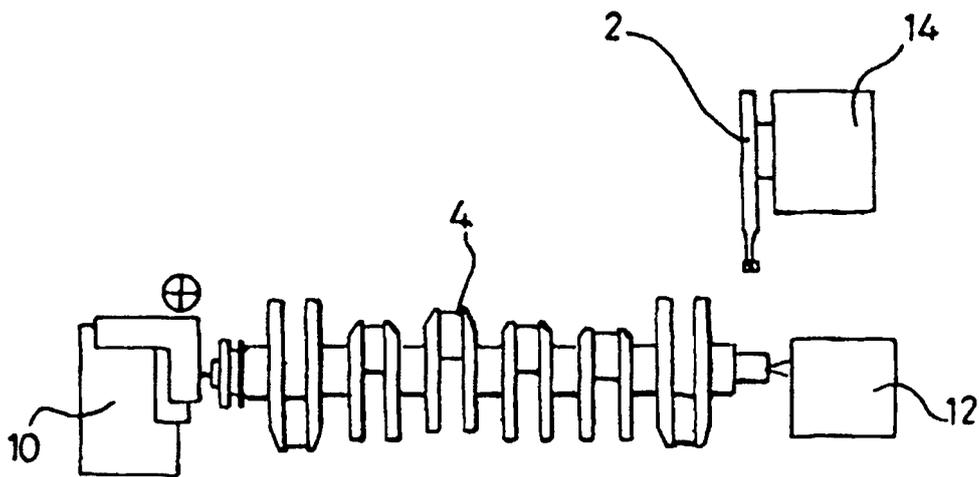


Fig. 14

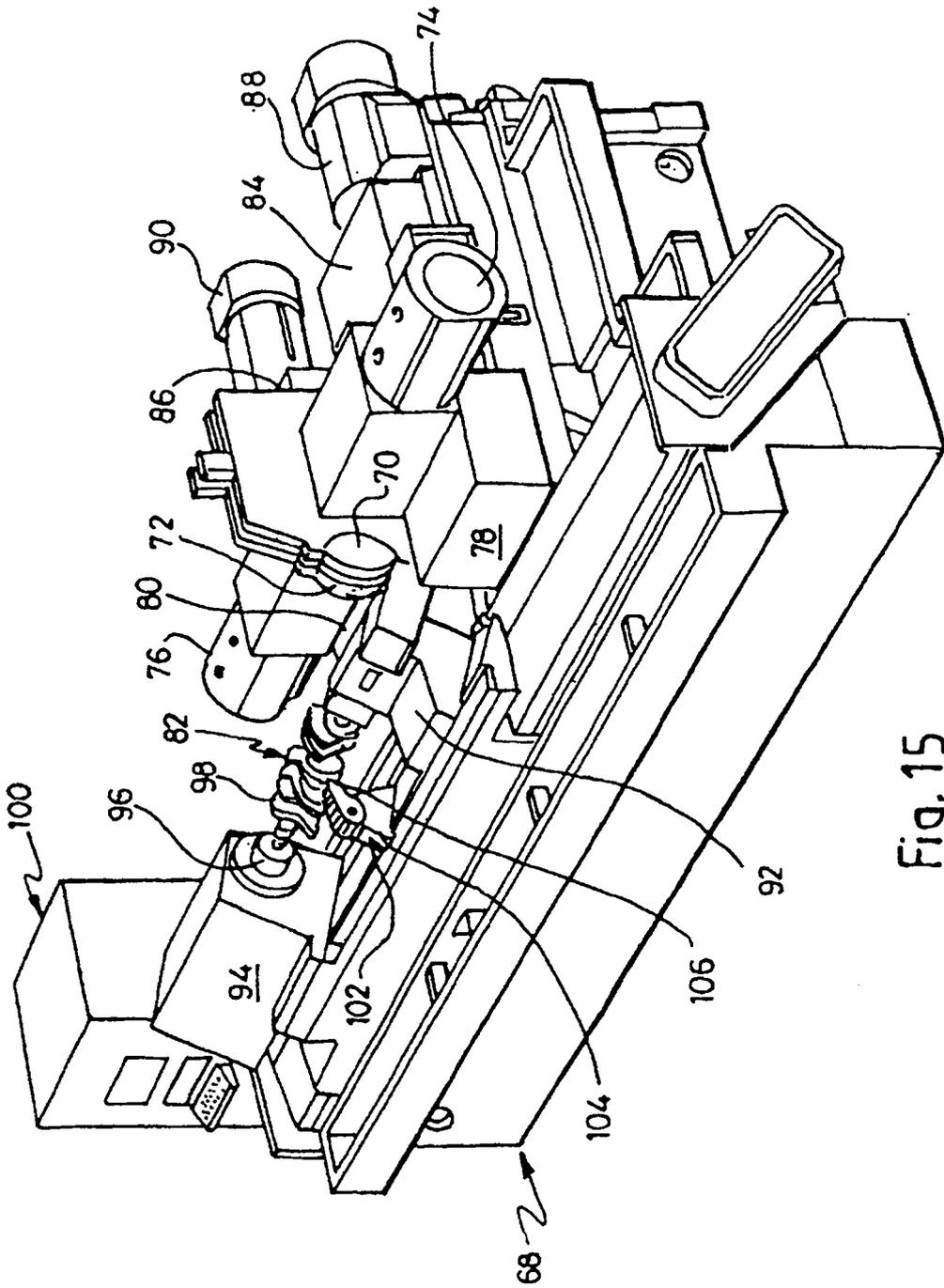


Fig. 15

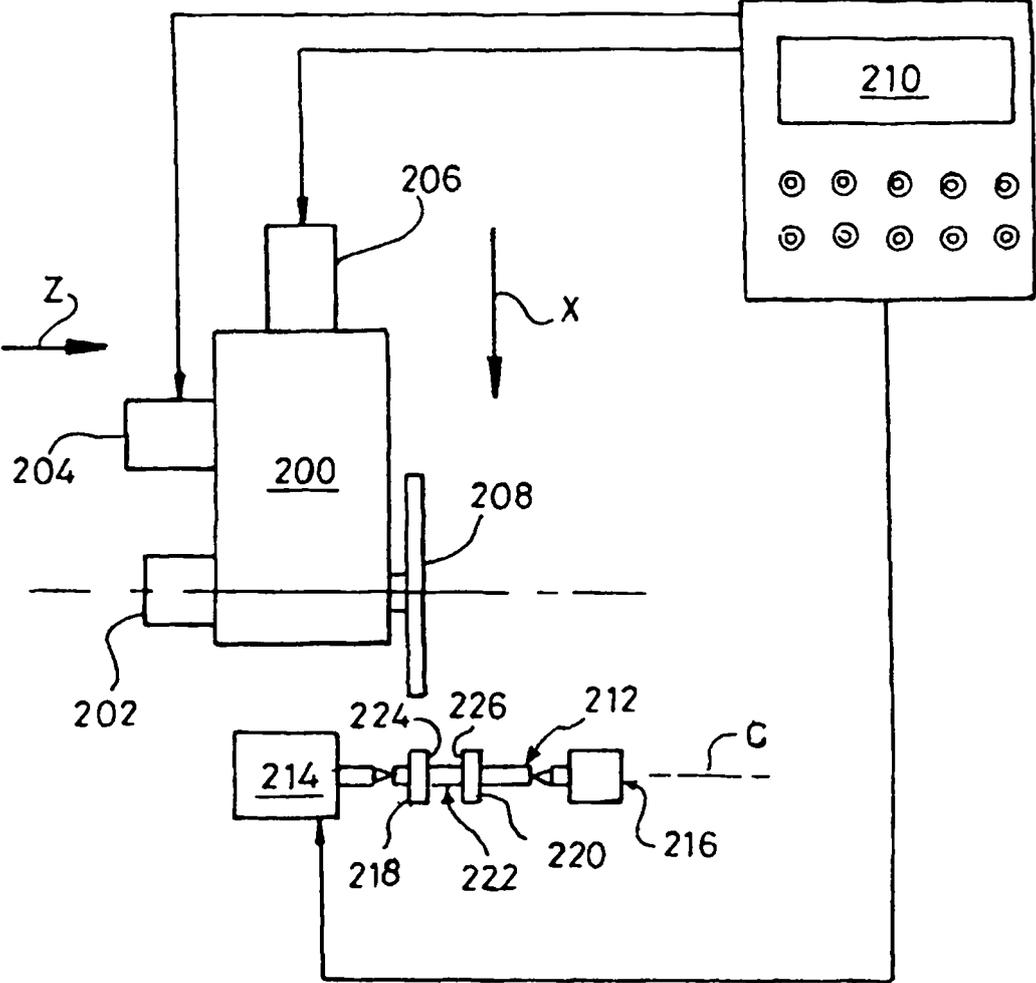


Fig. 16

CICLO DE RECTIFICADO DEL DIAMETRO Y PARED LATERAL

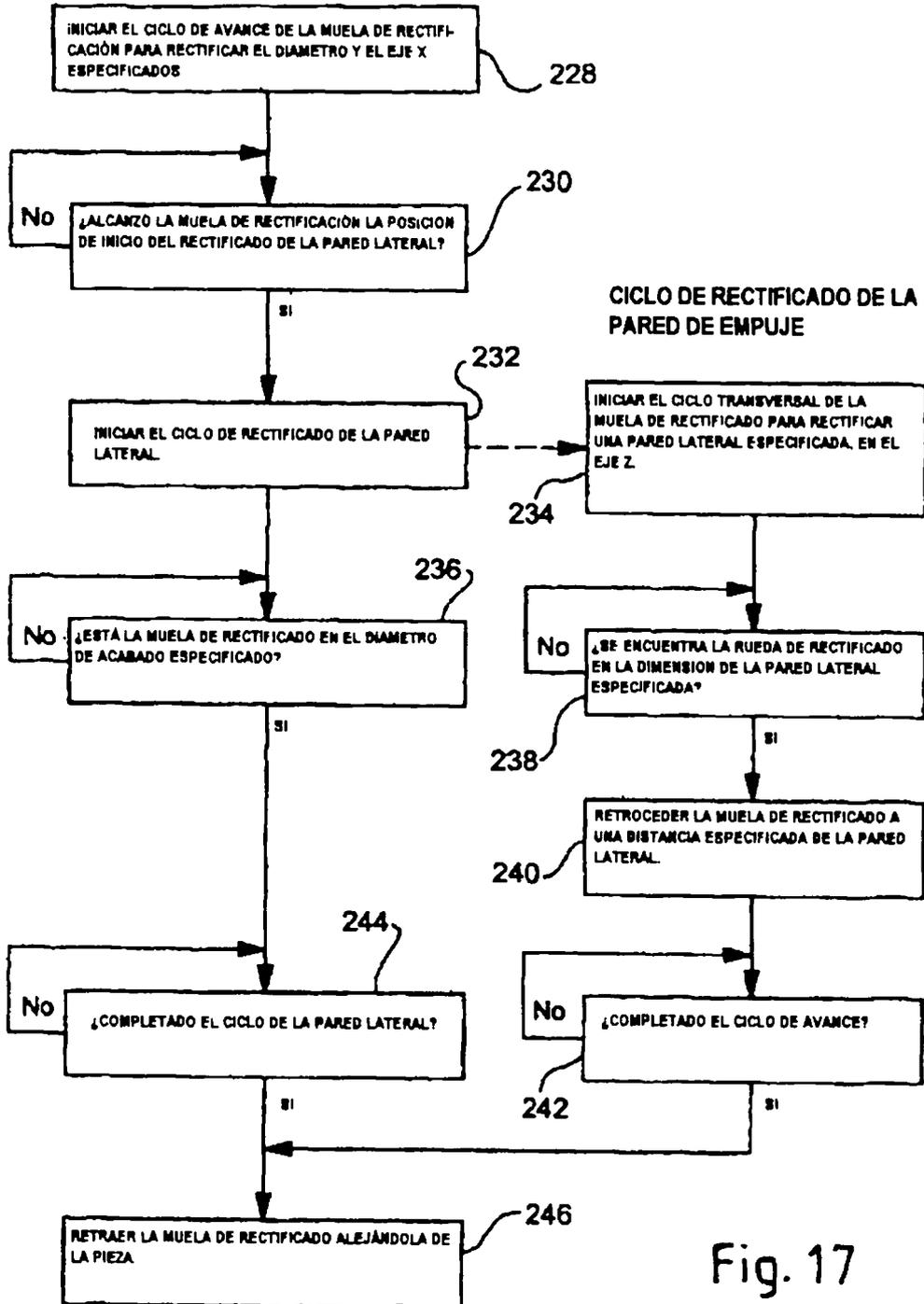


Fig. 17