

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 797**

51 Int. Cl.:

B24B 17/10 (2006.01)

B24B 21/16 (2006.01)

B24B 49/16 (2006.01)

B25J 9/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2014** **E 14002470 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017** **EP 2974827**

54 Título: **Procedimiento para el accionamiento de un dispositivo de rectificado con cinta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.06.2017

73 Titular/es:

FRANKE WATER SYSTEMS AG (100.0%)
Hauptstrasse 57
5726 Unterkulm , CH

72 Inventor/es:

EDELMANN, MAX;
ANDEREGG, ROLAND y
ADAM, ANDREAS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 616 797 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el accionamiento de un dispositivo de rectificado con cinta

La presente invención se refiere a un procedimiento para el accionamiento de un dispositivo de rectificado con cinta según la reivindicación 1.

5 El documento DE 10 2010 047 510 A1 publica una rectificadora de cinta para el rectificado a medida con un cabezal de trabajo, el cual está sujeto mediante una suspensión al armazón de una máquina de forma que puede desplazarse en línea recta, de forma giratoria alrededor de un primer eje de giro, y de forma giratoria alrededor de un
10 de la disposición de rodillos para el apoyo sobre una pieza, y siendo la misma desplazable a lo largo del primer eje pivotante alrededor de una posición cero. Además, el rodillo de contacto está sujeto de tal forma que la zona de la superficie de contacto, sobre la que se apoya el rodillo de contacto sobre la pieza, es cortada por el primer y por el
15 segundo eje pivotante cuando el rodillo de contacto está en la posición cero. A través de ello ha de conseguirse que los ejes pivotantes estén dispuestos uno respecto al otro de tal forma que un movimiento de la zona de la superficie de contacto alrededor de uno de los ejes pivotantes no esté acoplado con un movimiento de traslación.

Otras máquinas de rectificado con cinta son conocidas, por ejemplo, de los documentos DE 42 26 708 A1 y DE 100 13 340 A1.

Además, en el artículo „Non-Linear Control of Robot aided Belt Grinding. Manufacturing Processes" de R. Anderegg et al. - Athens Institute for Education and Research ATINER ATINER's Conference Paper Series IND2013-0818 -, se describe la modelización de un dispositivo de rectificado con cinta, con una máquina de rectificado con cinta y un
20 aparato de manipulación configurado como un robot, para mover una pieza a rectificar.

En el artículo "Modeling and Control of Robot Aided Belt Grinding Manufacturing Processes" de R. Anderegg und M. Edelmann - International Conference on Innovative Technologies, IN-TECH 2013, Budapest – se describe la modelización de un dispositivo de rectificado con cinta, con una máquina de rectificado con cinta y un aparato de
25 manipulación configurado como un robot, para mover la pieza a rectificar.

En el rectificado con cinta de piezas, especialmente las que pueden describirse mediante geometrías de forma libre, al utilizar aparatos de manipulación controlados por programas, como los robots industriales que guían a la pieza, pueden influir negativamente en el resultado del mecanizado una geometría inexacta de partida de la herramienta, un error de posicionamiento de la máquina de rectificado o del aparato de manipulación, así como inexactitudes en
30 la sujeción de la pieza. Las piezas están sometidas a tolerancias, especialmente en fabricaciones en serie. A menudo, el proceso de rectificado con cinta es el último proceso por arranque de viruta, y determina con ello las propiedades geométricas del producto terminado.

Normalmente, los aparatos de manipulación controlados por programas permiten solamente unas tolerancias estrechas de las piezas sin que aparezcan defectos en el resultado del rectificado con cinta.

35 Los aparatos de manipulación, especialmente los robots industriales, presentan una elasticidad fuertemente variable, y como consecuencia del proceso que se presentan en el rectificado con cinta, la posición deseada del efector terminal, o bien de la pieza a mecanizar, ya no puede respetarse de forma absoluta. De aquí que a menudo se utilicen aparatos de manipulación sobredimensionados, especialmente los robots industriales, en relación con la carga útil a mover.

40 Por ello, el objetivo de la presente invención es conseguir un procedimiento para manejar un dispositivo de rectificado con cinta, el cual posibilite una producción de piezas en serie, con un cumplimiento de las tolerancias.

Este objetivo se alcanza con un procedimiento según la reivindicación 1.

Un dispositivo de rectificado con cinta, el cual es accionado con el procedimiento según la invención, presenta una máquina de rectificado con cinta y un aparato de manipulación controlado por programa, para las piezas a rectificar.

45 Una cinta de rectificado de la máquina de rectificado con cinta, cerrada en sí misma, está guiada alrededor de un rodillo de accionamiento y alrededor de un rodillo de contacto, y puede estar guiada además alrededor de un rodillo tensor, así como alrededor de un rodillo de inversión.

El aparato de manipulación controlado por programa presenta un efector terminal, mediante el cual detiene la pieza respectiva a rectificar. La pieza es desplazada mediante el aparato de manipulación a lo largo de una trayectoria de
50 movimiento predeterminada, a fin de llevar a la misma, o bien de sostenerla allí, al apoyo sobre la cinta de rectificado en la posición deseada y con el movimiento deseado, para el rectificado de las distintas secciones de rectificado.

Además, el dispositivo de rectificado con cinta presenta un órgano de medida de la fuerza, asignado preferentemente a la máquina de rectificado con cinta, para la determinación de la fuerza con la cual se apoya sobre

la cinta de rectificar, y un accionamiento de ajuste, asignado asimismo preferentemente a la máquina de rectificado con cinta, para desplazar el rodillo de contacto y el efector terminal, o bien la pieza detenida por el mismo, en la dirección uno hacia el otro y uno separándose del otro. Además, existe un sensor de posición, asignado asimismo preferentemente a la máquina de rectificado con cinta, el cual detecta la posición del accionamiento de ajuste.

5 El órgano de medida de la fuerza se realiza preferentemente a través de un sensor de fuerza. No obstante, también es posible que esté configurado mediante un elemento de medida de corriente, el cual mide el consumo de corriente del accionamiento de ajuste o del motor para el accionamiento de la cinta de rectificar. También es imaginable medir las tensiones en la estructura mecánica, por ejemplo mediante galgas extensométricas (DMS), las cuales configuran el órgano de medida de la fuerza.

10 Tras realizarse la programación de la trayectoria del movimiento se rectifica una pieza de prueba, en la cual el aparato de manipulación desplaza a la pieza de prueba a lo largo de la trayectoria programada, y al mismo tiempo se registran continuamente, mediante el sensor de fuerza y el sensor de posición, la fuerza, o bien la posición del accionamiento de ajuste, y se almacenan los datos correspondientes.

15 En ello, el accionamiento de ajuste está controlado de tal forma que el mismo puede empujarse hacia atrás en función de la fuerza con la que es oprimida la pieza de prueba contra la cinta de rectificado mediante el aparato de manipulación. En ello, la característica fuerza/recorrido puede elegirse mediante el control correspondiente del accionamiento de ajuste, por ejemplo de forma lineal, correspondiendo a la característica de un muelle. No obstante, también es imaginable tomar como base en esa fase otra característica del accionamiento de ajuste.

20 A partir de los datos se determinan las secciones de contacto de la trayectoria del movimiento en las que la pieza de prueba se apoya sobre la cinta de rectificar, y se rectifica la misma. Igualmente se determinan las secciones libres de contacto de la trayectoria del movimiento en las que la pieza de prueba está separada de la cinta de rectificar, y con ello no tiene lugar ningún rectificado con arranque de viruta de la pieza de prueba.

25 En las secciones de contacto, la fuerza medida mediante el órgano de medición de fuerza es mayor que la de las secciones libres de contacto, y en las secciones de contacto el accionamiento de ajuste está empujado hacia atrás, pero no en las secciones libres de contacto, lo cual puede determinarse mediante el sensor de posición. Con ello, a partir de las señales del órgano de medición de fuerza y del sensor de posición pueden determinarse de forma sencilla las secciones de contacto y las secciones libres de contacto.

30 En el rectificado de piezas que sucede al rectificado de la pieza de prueba, por ejemplo, en la producción en serie, las cuales son guiadas mediante el aparato de manipulación a lo largo de la misma trayectoria programada del movimiento que la de la pieza de prueba, tiene lugar, mediante un regulador con los datos almacenados como magnitud de guía, así como en las secciones de contacto, con la señal de medición del órgano de medición de fuerza como magnitud verdadera, una regulación del accionamiento de ajuste dependiente de la fuerza, y en las secciones sin contacto, con la señal de medición del sensor de posición como magnitud verdadera, una regulación del accionamiento de ajuste dependiente de la posición.

35 La planificación y la programación de la trayectoria del movimiento puede tener lugar por software, apoyado por una simulación offline, y/o en el dispositivo de rectificado con cinta, de forma iterativa a través de una persona especialista.

40 Ya que el aparato de manipulación controlado por programa recorre también una trayectoria programada del movimiento siempre idéntica en el tiempo, se determinan preferentemente, a partir de los datos determinados y almacenados, los intervalos de tiempo de contacto correspondientes a las secciones de contacto, así como los intervalos de tiempo sin contacto correspondientes a las secciones libres de contacto.

Con ello, para cada sección de contacto y para cada sección libre de contacto, se determinan y se almacenan la hora de comienzo y la hora de finalización.

45 A través de una sincronización de tiempos extremadamente sencilla entre el aparato de manipulación y el controlador se puede regular, dependiendo del tiempo, el accionamiento de ajuste para rectificar las piezas, correspondiendo a los intervalos de tiempo de contacto y a los intervalos de tiempo sin contacto, dependiendo de la fuerza, o bien de la posición.

50 De forma preferida, se determinan la rigidez estática y dinámica del sistema del aparato de manipulación en las distintas secciones de contacto, o bien en los correspondientes intervalos de tiempo de contacto, según los cuales puede realizarse la identificación del modelo. Un modelo adecuado para ello se describe en el artículo especializado „Modelling and Control of Robot aided Belt Grinding Manufacturing Processes" de R. Anderegg y M. Edlmann, International Conference on Innovative Technologies, INTECH 2013, Budapest. La publicación de ese artículo especializado se incluye a través de referencia en la presente publicación. Esta identificación de sistema permite identificar parámetros óptimos del regulador, a saber, para cada sección de rectificado.

55 Preferentemente, esos parámetros de regulación se almacenan, a saber, asignados a los datos de fuerza y de posición captados de forma continua en el rectificado de la pieza de muestra, en las secciones de contacto, o bien

en los intervalos de tiempo de contacto. Esto tiene lugar preferentemente también para las secciones libres de contacto, o bien para los intervalos de tiempo libres de contacto. Esto puede subsumirse bajo el concepto de „regulación previa del proceso“.

5 La distinta elasticidad, o bien rigidez del aparato de manipulación en sus distintas posiciones puede tenerse en cuenta a través de ello, lo cual conduce a resultados buenos especialmente fiables del proceso de rectificado.

10 De forma preferida, el rodillo de contacto es desplazable a lo largo de una trayectoria mediante el accionamiento de ajuste, y se determina mediante el órgano de medición de fuerza, preferentemente un sensor de fuerza, que mide la fuerza ejercida por el rodillo de contacto sobre el accionamiento de ajuste, o bien por el rodillo de ajuste sobre el rodillo de contacto. Esto conduce a un funcionamiento especialmente sencillo y fiable de la máquina de rectificado con cinta, y del conjunto del dispositivo de rectificado con cinta.

La trayectoria del movimiento del rodillo de contacto puede ser lineal o también curvada, por ejemplo correspondiente a una sección de arco circular.

Por supuesto es también imaginable prever el accionamiento de ajuste, y/o el sensor de fuerza, y/o el sensor de posición en el lado del aparato de manipulación.

15 El aparato de manipulación, el cual está configurado preferentemente por un robot industrial, se controla preferentemente a través de un control programable de aparatos, de forma que la pieza de prueba, y a continuación las piezas, son desplazadas para el rectificado a lo largo de la trayectoria programada de desplazamiento planeada.

20 Al accionamiento de ajuste, y con ello preferentemente a la máquina de rectificado de cinta, se le ha asignado un controlador programable, por ejemplo un control programable por programa almacenado, el cual configura por una parte el regulador, o bien está programado como tal, y por otra parte almacena los datos captados por el sensor de posicionamiento y por el órgano de medición de fuerza.

De forma preferida, mediante el controlador pueden determinarse también las secciones de contacto y libres de contacto, así como, en su caso, los parámetros de regulación, y pueden almacenarse en el mismo.

25 El control del aparato proporciona señales de sincronización al controlador, de forma que los datos del sensor de posición y del órgano de medición de fuerza pueden almacenarse de forma sincronizada con el movimiento del aparato de manipulación al rectificar la pieza de prueba, y con ello, al rectificar las piezas, para cada sección de contacto, o bien para cada intervalo de tiempo de contacto y para cada sección de libre contacto, o bien para cada intervalo de tiempo libre de contacto, pueden leerse de la memoria los correspondientes datos y parámetros de regulación, y usarlos para la regulación del accionamiento de ajuste.

30 De forma preferida, el regulador presenta una estructura PID clásica, o bien el controlador está programado como tal. Es posible también la utilización de un regulador de estado.

De forma preferida, existe un elemento de medición de fuerza, el cual determina el componente de la fuerza que actúa en ángulo recto sobre el rodillo de contacto, fuerza determinada mediante el órgano de medición de fuerza. También es posible que el órgano de medición de fuerza mida también ese componente de fuerza.

35 A partir de los datos del órgano de medición de fuerza, o bien del elemento de medición de fuerza, puede determinarse una información del desgaste de la cinta de rectificado, que caracteriza a la misma. Esto posibilita la consideración del estado actual respectivo de la cinta de rectificado en el control del dispositivo de rectificado con cinta. Preferentemente se regula la velocidad de accionamiento de la cinta de rectificado, y/o la fuerza de apriete con la que la pieza se apoya respectivamente sobre la cinta de rectificado, sobre la base de la información del desgaste, hasta un arranque de viruta al menos aproximadamente constante.

40 Mediante la información del desgaste se posibilita también un mantenimiento dependiente del estado, y un cambio de la cinta de rectificado dependiente de su estado.

45 De forma preferida, a partir de las señales del órgano de medición de fuerza, del elemento de medición de fuerza, del sensor de posición, o bien del tiempo del proceso respecto a las respectivas situaciones de contacto de la pieza con la cinta de rectificado, es decir, en las secciones de contacto, o bien en los intervalos de tiempo de contacto, se determina un espectro de frecuencia. De la síntesis de Fourier, o bien de la „fast Fourier-Transformation“, se pueden determinar informaciones de la dinámica del proceso, así, por ejemplo, de las situaciones de contacto, de las vibraciones por traqueteo, del rendimiento del rectificado, del estado del dispositivo de rectificado con cinta, así como de la oscilación de la cinta de rectificado, del número de revoluciones, del desequilibrio de los rodillos, etc.

50 De forma preferida, la trayectoria del movimiento del aparato de manipulación está dimensionada de tal manera que el contacto entre la pieza de prueba, o bien de las piezas, y la cinta de rectificado, tiene lugar siempre en la zona de enlazamiento de la cinta de rectificado alrededor del rodillo de contacto. No obstante, también es imaginable establecer la trayectoria del movimiento de forma que el contacto tenga lugar fuera de la zona de enlazamiento.

De forma preferida, el rodillo de accionamiento y el eventual rodillo de inversión para la cinta de rectificado están

apoyados de forma estacionaria en el bastidor de la máquina. En otras palabras, la máquina de rectificado con cinta no presenta preferentemente ningún cabezal móvil de trabajo.

El aparato de manipulación, o bien el robot industrial, presenta preferentemente seis grados de libertad para mover las piezas.

5 La invención se describe más detalladamente según los ejemplos de ejecución en el dibujo. Se muestran esquemáticamente:

Figura 1 un aparato de manipulación, configurado por un robot industrial, y una parte de una máquina de rectificado con cinta con un rodillo de contacto, desplazable linealmente mediante un motor lineal de ajuste, y una célula de carga para medir la fuerza entre el rodillo de contacto y el accionamiento de ajuste;

10 Figura 2 el robot industrial, cuyo efector terminal sostiene a una pieza a rectificar, así como una parte de la máquina de rectificado con cinta, con el accionamiento de ajuste, un sensor de fuerza, situado entre el mismo y el rodillo de contacto y configurado por una galga extensométrica (DMS), un sensor de posición, esbozado esquemáticamente, y un regulador, esbozado esquemáticamente;

15 Figura 3 el robot industrial y la máquina de rectificado con cinta, estando asignados a la máquina de rectificado con cinta el accionamiento de ajuste, el sensor de fuerza y el sensor de posición;

Figura 4 el robot industrial y la máquina de rectificado con cinta, estando asignados a la máquina de rectificado con cinta el sensor de fuerza, así como el sensor de posición, y al aparato de manipulación el accionamiento de ajuste.

20 Figura 5 la máquina de rectificado con cinta y el robot industrial, estando asignados el sensor de fuerza al aparato de manipulación, y el accionamiento de ajuste, así como el sensor de posición, a la máquina de rectificado con cinta.

Figura 6 la máquina de rectificado con cinta y el aparato de manipulación, estando el rodillo de contacto de la máquina de rectificado con cinta alojado de forma estacionaria, y estando asignados el sensor de fuerza, el sensor de posición y el accionamiento de ajuste al aparato de manipulación;

25 Figura 7 una representación esquemática del circuito cerrado de regulación;

Figura 8 un diagrama de flujo del procedimiento para el accionamiento del dispositivo de rectificado con cinta, y

Figura 9 un ejemplo de un diagrama de recorrido y de fuerza en función del tiempo, al rectificar una pieza de prueba.

30 La figura 1 muestra un dispositivo 10 de rectificado con cinta con un aparato de manipulación 12 y una máquina 14 de rectificado con cinta, estando representada la misma solo parcialmente.

El aparato de manipulación 12 está configurado en todos los ejemplos de ejecución mostrados a través de un robot industrial 16.

35 Al robot industrial 16 se le ha asignado un control 18 programable de aparatos, por ejemplo un control SPS programable por memoria, el cual controla por una parte al robot industrial 16 de tal forma que su efector terminal 20 mueve la herramienta 22 (ver la figura 2), sujeta por él, a lo largo de una trayectoria 24 predeterminada de movimiento (ver las figuras 3 a 6), y por otra parte emite una señal de sincronización, a través de un conducto 26, a un controlador 28 asignado a la máquina 14 de rectificado con cinta.

En el ejemplo de ejecución mostrado se trata, en cuanto al robot industrial 16, de un robot de dos brazos con 6 grados de libertad.

40 El aparato de manipulación 12 puede estar configurado también por una mesa de cruz, una mesa giratoria, o una mesa de copiado controladas por programa, y similares.

45 De la máquina 14 de rectificado con cinta se muestra, en la figura 1, una sección de una cinta 30 de rectificado, cerrada en sí misma, la cual está guiada alrededor de un rodillo 32 de contacto. La flecha U indica la dirección del giro del rodillo de contacto, y con ello la dirección del desplazamiento de la cinta 30 de rectificado. El rodillo 32 de contacto presenta un acolchado elástico 34 de rodadura sobre un núcleo 36 no elástico del rodillo.

El rodillo 32 de contacto está alojado en un armazón de máquina, no representado, de forma desplazable de un lado a otro en la dirección de la flecha R, aquí a lo largo de una trayectoria lineal 37.

50 También es posible, por ejemplo, alojar el rodillo de contacto sobre una palanca apoyada de forma estacionaria, o sobre un balancín, de forma que el eje del rodillo de contacto se pueda desplazar a lo largo de una sección de una trayectoria de arco circular.

A la máquina 14 de rectificado con cinta se le ha asignado un accionamiento de ajuste 38, en el ejemplo mostrado en forma de un motor lineal electrodinámico con un sensor 40 de posición integrado. El accionamiento de ajuste 38 está sujeto asimismo al armazón de la máquina.

5 Sobre una barra 42 de accionamiento del accionamiento de ajuste 38 se ha fijado un sensor 44 de fuerza que configura un órgano 43 de medición de fuerza, en forma de una célula de carga 46, el cual está unido por la otra parte con el árbol 48 del rodillo 32 de contacto.

En el ejemplo de ejecución mostrado, los ejes de la barra 42 de accionamiento y de la célula de carga 46 están situados en una recta que transcurre en la dirección de la flecha R, la cual corta al eje del árbol 48, y está alineada con ello con la trayectoria 37.

10 El sensor 44 de medición de fuerza, o bien la célula de carga 46, transmite las señales de fuerza, medidas continuamente, que corresponden a la fuerza F , a través de un conductor 50 del sensor de fuerza, a un amplificador 52 de medición, el cual transmite la señal amplificada del sensor de fuerza al controlador 28.

15 El accionamiento de ajuste 38 está unido asimismo con el controlador 32 a través un conductor eléctrico 54, siendo transmitidas a través de ese conductor eléctrico 54, por una parte señales de control desde el controlador 28 al accionamiento de ajuste 38, y por otra parte desde el sensor 40 de posición al controlador 28 las señales de posición, determinadas continuamente, según la posición P.

Mediante el accionamiento de ajuste 38, el rodillo 32 de contacto es desplazable a un lado y a otro en la dirección de la flecha doble R, y el sensor de fuerza 44 mide continuamente la fuerza que actúa en dirección lineal entre el rodillo 32 de contacto y el accionamiento de ajuste 38.

20 La forma de ejecución del dispositivo 10 de rectificado con cinta representada en la figura 2 se corresponde con la de la figura 1, estando sustituida la célula de carga 46 por una disposición de galga extensométrica 56 (DMS), la cual mide continuamente tanto la fuerza que actúa en la dirección de la flecha doble R entre el rodillo 32 de contacto y el accionamiento de ajuste 38, como también el componente F^* de la fuerza que transcurre en ángulo recto respecto a la misma. El conductor del sensor de fuerza está señalizado asimismo con el 50.

25 El sensor 40 de posición, que en otro caso está integrado en el accionamiento de ajuste 38, está representado esquemáticamente separado del mismo; sus señales de posición se alimentan al controlador 28 a través del conductor eléctrico 54. A través de ese conductor se transmiten también las órdenes de control del controlador 28 al accionamiento de ajuste 38.

El controlador 28 presenta una unidad 58 de regulación, o bien él está programado como tal.

30 Las señales del sensor 40 de posición y del sensor 44 de fuerza se alimentan al rectificar una pieza de prueba a una memoria del controlador 28, y al rectificar las piezas 22 a la unidad 58 de regulación, y preferentemente también a la memoria. La unidad de regulación conduce en su valor real, a través de un elemento de conmutación 60, y en dependencia de la situación de contacto de la pieza 22 con la cinta de rectificado 30, bien la señal de fuerza, o la señal de posición, a un regulador 62, en el presente caso a un regulador PID. Las señales de control generadas por
35 el regulador 62 se alimentan al accionamiento de ajuste 38; esto es válido también para el controlador 28 en la forma de ejecución según la figura 1.

Como se desprende de las figuras 3 a 6, la cinta de rectificado 30 transcurre, vista en la dirección U del giro, corriente abajo del rodillo 32 de contacto, alrededor de un rodillo de accionamiento 64, a continuación, alrededor de un rodillo tensor 66, y finalmente alrededor de dos rodillos de reversión 68, de vuelta hacia el rodillo de contacto 32.

40 En esas figuras, el robot industrial 16, con su efector terminal 20, está esbozado solamente de forma esquemática. En caso del robot industrial puede tratarse, a título de ejemplo, del tipo KUKA KR 3 0-2.

45 La figura 3 se corresponde esquemáticamente con las formas de ejecución según las figuras 1 y 2, en las cuales el accionamiento de ajuste 38, el sensor 40 de posición y el sensor 44 de fuerza están asignados a la máquina 14 de rectificado con cinta. Correspondientemente, el sensor 44 de fuerza está conectado a través del conductor 50 del sensor de fuerza, así como también el sensor 40 de posición y el accionamiento de ajuste 38 a través del conductor 54, con el controlador 32.

Como se aclara en relación con las figuras 1 y 2, el robot industrial 16 se controla a través del control de aparatos 18. A través del conductor 26 se transmiten también aquí las señales de sincronización desde el control de aparatos 18 al controlador 28.

50 Una persona de servicio 70 está esbozada esquemáticamente, la cual, como se indica con la flecha, puede programar, de la forma conocida, la trayectoria del movimiento 24, a través del control de aparatos 18, para el rectificado de las piezas 22.

En relación con las figuras 4 a 6, se aclaran a continuación solamente las diferencias respecto a la forma de ejecución según las figuras 1 a 3. Para las partes correspondientes entre sí se utilizan los mismos signos de

referencia.

5 En la forma de ejecución mostrada en la figura 4, el sensor 44 de fuerza, así como el sensor 40 de posición están asignados a la máquina 14 de rectificado con cinta, y éstos están conectados asimismo con el controlador 28 a través de conductor 50 del sensor de fuerza, así como a través del conductor eléctrico 54. El accionamiento de ajuste 38 está asignado aquí al robot industrial 16. El controlador 28 genera análogamente, como se describió más arriba, las señales de control para el accionamiento de ajuste 38, siendo las mismas alimentadas entonces a control de aparatos 18. El control de aparatos 18 transmite esas señales al accionamiento de ajuste, por ejemplo en el efector terminal 20, o bien transforma esas señales de control - como accionamiento virtual de ajuste - en el movimiento correspondiente del robot industrial 16, a fin de corregir correspondientemente la trayectoria 24 del movimiento.

10 El sensor 40 de posición y el sensor 44 de fuerza pueden estar apoyados en la máquina 14 de rectificado con cinta, por ejemplo a través de un muelle de presión, el cual actúa con una fuerza elástica sobre el rodillo 32 de contacto en la dirección R hacia el robot industrial 16.

15 Con ello, en la forma de ejecución según la figura 4, el accionamiento de ajuste 38 puede estar integrado en el control de aparatos 18 del robot industrial 16.

20 En la forma de ejecución mostrada en la figura 5, el accionamiento de ajuste 38 y el sensor 40 de posición están asignados a la máquina 14 de rectificado con cinta, de la misma forma, con esto está mostrado y aclarado en relación con las figuras 1 a 3. La única diferencia consiste en que ahora el accionamiento de ajuste 38 actúa directamente, es decir, no a través de un sensor de fuerza 44, sobre el rodillo 32 de contacto. El sensor de fuerza 44 está asignado al robot industrial 16. Preferentemente, el sensor 44 de fuerza está integrado en el efector terminal 20. Las señales de medición del sensor 44 de fuerza se alimentan al controlador 28 a través del control de aparatos 18, el cual presenta por otra parte la unidad de regulación 58. Aquí también es posible que el control de aparatos 18 transforme esas señales de control - como accionamiento virtual de ajuste - en el movimiento correspondiente del robot industrial 16, a fin de corregir correspondientemente la trayectoria 24 del movimiento.

25 En la forma de ejecución mostrada en la figura 6, el rodillo 32 de contacto de la máquina rectificadora con cinta 44 está alojado de forma estacionaria.

30 De la misma forma como se aclara en relación con la figura 5, el sensor 44 de fuerza está asignado al robot industrial 16. Un sensor de posición 40, asignado asimismo al robot industrial 16 y esbozado esquemáticamente, determina continuamente la posición real P del efector terminal 20, y con ello de la pieza 22 sostenida con el mismo, y transmite las correspondientes señales de posición al control de aparatos 18. En esa forma de ejecución, la unidad de regulación 58 está integrada en el control de aparatos 18, alimentándose a la misma las señales de medición del sensor de posición 40, así como las del sensor 44 de fuerza, y la salida de la unidad de regulación 58 sirve para la corrección correspondiente del control del robot industrial 16. Por otra parte, en esa forma de ejecución, el accionamiento de ajuste 38 puede estar colocado también en el robot industrial 16, preferentemente en su efector terminal 20.

35 Del diagrama de bloque de conexiones según la figura 7 puede concluirse que el accionamiento de ajuste 38 está integrado en el circuito de regulación, con la elevada fuerza F, medida continuamente (mediante el órgano 43 de medición de fuerza, o bien mediante el sensor 44 de fuerza o la célula de carga 46) y la posición P (mediante el sensor de posición 40).

40 Como se aclara más abajo, al circuito de regulación se le alimentan, como magnitud piloto 72, o bien los datos de posición almacenados, o los datos de fuerza almacenados, los cuales han sido medidos y memorizados durante el rectificado de la pieza 22 de prueba. Para el retroacoplamiento negativo se captan continuamente, durante el rectificado de las piezas 22, que sigue al rectificado de la pieza de prueba, la fuerza F que actúa sobre el órgano 43 de medición de fuerza, o bien sobre el sensor 44 de fuerza o la sobre célula de carga 46, así como la posición P del accionamiento de ajuste 38 mediante el sensor de posición 40, y mediante la vigilancia del proceso se realimenta el valor real correspondiente como magnitud de regulación, dependiendo de que se regule la fuerza o la posición. La desviación de la regulación se alimenta al regulador 62, cuya magnitud de ajuste del lado de la salida se alimenta al accionamiento de ajuste 38 y al resto del tramo de regulación.

45 De forma preferente, en el rectificado de las piezas se almacenan también los datos medidos de fuerza y de posición, conjuntamente con la información de tiempos, en la memoria del controlador 28.

50 La figura 8 muestra un diagrama de flujo, mostrándose por debajo de la línea gruesa discontinua la parte que se refiere al objeto de la presente invención. Los pasos por encima de dicha línea se refieren a fases del procedimiento, las cuales tienen lugar anteriormente, como condición previa para el procedimiento.

55 Así, el presente procedimiento parte de la base de que se ha realizado la trayectoria 24 del movimiento para el rectificado de las piezas 22 mediante la planificación de la trayectoria. Es posible que la planificación de la trayectoria, y la programación de la trayectoria 24 del movimiento asociada a la misma, se efectúe online sobre el dispositivo 10 de rectificado con cinta, al determinar una persona 70 de servicio, de forma iterativa, la trayectoria 24

del movimiento mediante el control 18 de aparatos, como es conocido en general. La planificación de la trayectoria puede tener lugar, apoyada por software, a través de una simulación offline.

5 Una vez que la trayectoria 24 del movimiento para rectificar las piezas 22 se ha establecido, y se ha almacenado en el control 18 de aparatos, se desplaza una pieza 22 de prueba (preferentemente una única) mediante el aparato de manipulación 12, en el presente caso el robot industrial 16, a lo largo de la trayectoria 24 memorizada del movimiento.

Durante el rectificado de la pieza 22 de prueba se controla el accionamiento de ajuste 38, de forma que puede hacerse retroceder, en dependencia de la fuerza con la que la pieza 22 se apoya sobre la cinta 30 de rectificar. Esto puede tener lugar, por ejemplo, de forma correspondiente a una simple característica de resorte.

10 Al principio del proceso, el control 18 de aparatos proporciona una señal de sincronización al controlador 28, a través del conductor 26. Durante el recorrido de la trayectoria 24 del movimiento, en el controlador 28 se almacenan continuamente tanto los datos de posición y de fuerza captado por el sensor de posición 40, como también por el órgano 43 de medición de fuerza, o bien por el sensor 44 de fuerza, o por la célula de carga 46, en dependencia del tiempo (del proceso), y con ello también en dependencia de la posición actual de la trayectoria 24 del movimiento.

15 La figura 9 muestra esquemáticamente el tiempo – y con ello la fuerza dependiente del recorrido en relación con la trayectoria 24 del movimiento – y los datos de posición para una parte de la trayectoria 24 del movimiento, durante el rectificado de la pieza de prueba 22.

20 Si se produce un contacto entre la pieza de prueba 22 y la cinta 30 de rectificar, se incrementan correspondientemente la señal de fuerza y también la señal de posición del accionamiento de ajuste 38. Al concluir la sección de rectificado correspondiente sobre la pieza de prueba 22, la pieza de prueba 22 se levanta de la cinta 30 de rectificar, como consecuencia de la trayectoria programada 24 del movimiento, lo cual puede reconocerse por que la señal de posición cae a cero, y la señal de fuerza cae a un valor reducido. Si la pieza de prueba 22 se apoya de nuevo sobre la cinta 30 de rectificar, a fin de rectificar otra sección de rectificado, las señales de fuerza y de posición se incrementan de nuevo correspondientemente, hasta el siguiente levantamiento de la pieza de prueba 22 de la cinta 30 de rectificar.

25 De los datos captados de fuerza y de posición pueden determinarse de forma sencilla, tras el rectificado de la pieza de prueba 22, las secciones BB de contacto de la trayectoria 24 del movimiento, y los correspondientes intervalos BT de tiempo de contacto, en los cuales la cinta 30 de rectificar ha mecanizado la pieza 22. De la misma forma pueden determinarse las secciones BFB, libres de contacto, de la trayectoria 24 del movimiento, y los correspondientes intervalos BFT de tiempo, libres de contacto, en los cuales la pieza 22 estaba levantada de la cinta 30 de rectificar, y almacenarlos en la memoria del controlador 28 con la correspondiente información de posición, o bien de tiempo (del proceso).

Esto figura en el diagrama de flujo de la figura 9 en el paso „identificación del sistema “.

35 Preferentemente, mediante esos datos, y preferentemente bajo la consideración de la elasticidad del robot industrial 16 en secciones de la trayectoria 24 del movimiento, se determinan los parámetros de regulación del regulador, aquí, por ejemplo, del regulador estándar PID1, y se almacena asimismo la información de posición, o bien de tiempo (del proceso) correspondiente.

40 En el paso „control previo del proceso “ se almacenan, en la memoria de trabajo del controlador 28, los datos citados arriba, captados durante el rectificado de la pieza de prueba 22, y calculados de ellos, así como, en su caso los parámetros de regulación de la memoria.

A continuación puede comenzar el rectificado en serie de las piezas 22 – similares a la pieza de prueba – al sujetarse cada una de esas piezas 22 mediante el robot industrial 16, y ser desplazada entonces a lo largo de la trayectoria 24 programada del movimiento.

45 Al comienzo de cada proceso, el control 18 de aparatos proporciona una señal de sincronización al controlador 28 a través del conductor 26, de forma que éste alimenta los datos almacenados de la unidad 58 de regulación, de forma sincronizada con el recorrido de la trayectoria 24 del movimiento, o bien del correspondiente tiempo (del proceso).

50 En ello, si se trata de una sección BB de contacto, o bien de un intervalo BT de tiempo de contacto, la regulación del accionamiento de ajuste 38 tiene lugar dependiendo de la fuerza. No obstante, si se trata de una sección BFB, libre de contacto, o bien de un intervalo BFT de tiempo, libre de contacto, la regulación del accionamiento de ajuste 38 tiene lugar dependiendo de la posición.

En aras de la concreción ha de citarse que, en relación con la descripción de las figuras, se ha tomado siempre como referencia el robot industrial 16. Naturalmente puede utilizarse correspondientemente otro tipo de aparato de manipulación 12.

Además, el procedimiento se ha descrito por medio de las formas de ejecución según las figuras 1, 2 y 3. El mismo

permanece fundamentalmente inalterado en la utilización en las formas de ejecución según las figuras 4 a 6.

5 De los datos captados durante el rectificado de las piezas 22 del órgano 43 de medición de fuerza, o bien del elemento 56 medidor de fuerza, puede determinarse la información de desgaste caracterizadora del desgaste de la cinta 30 de rectificar. Apoyándose en ello puede regularse, por ejemplo, la velocidad de accionamiento de la cinta 30 de rectificar, y/o la fuerza de presión F con la que la pieza 22 se apoya respectivamente sobre la cinta 30 de rectificar, hasta una remoción de virutas aproximadamente constante.

10 De los datos medidos, tanto al rectificar la pieza 22 de prueba, como también en el posterior rectificado (en serie) de piezas, en el órgano 43 de medición de fuerza, y/o del sensor de posición 40, y/o el tiempo del proceso, y/o en su caso del elemento 56 medidor de fuerza, pueden determinarse espectros de frecuencia para las respectivas secciones BB de contacto, o bien para los intervalos BT de contacto. A este respecto se hace referencia a la publicación en su introducción.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el accionamiento de un dispositivo 10 de rectificado con cinta, con una máquina (14) de rectificado con cinta con al menos una cinta de rectificado (30), cerrada en sí misma y guiada alrededor de al menos un rodillo de contacto (32) y un rodillo de accionamiento (64), con un aparato de manipulación (12), el cual sostiene a la pieza (22) a rectificar mediante un efector terminal (20), y la desplaza a lo largo de una trayectoria predeterminada y programada (24) del movimiento, con un órgano (43) de medición de fuerza para medir la fuerza (F) con la que la pieza (22) se apoya sobre la cinta de rectificado (30), con un accionamiento de ajuste (38) para mover el rodillo de contacto (32) y el efector terminal (20) uno hacia el otro, y uno separándose del otro en la dirección (R), así como un sensor de posición (40) para determinar la posición (P) del accionamiento de ajuste (38), **caracterizado por que** tras realizar la programación de la trayectoria (24) del movimiento, se rectifica una pieza (22) de prueba – con el accionamiento de ajuste (38) que puede empujarse hacia atrás – y se determina en ello continuamente la fuerza (F) y la posición (P) del accionamiento de ajuste (38) mediante órgano (43) de medición de fuerza y el sensor de posición (40), así como se almacenan los datos correspondientes, se determinan a partir de esos datos las secciones (BB) de contacto de la trayectoria (24) de movimiento, en las cuales la pieza (22) de prueba se apoya para el rectificado sobre la cinta de rectificado (30), y las secciones (BFB) de la trayectoria (24) del movimiento libres de contacto, en las cuales la pieza (22) de prueba y la cinta de rectificado (30) están libres de contacto una en relación con la otra, y entonces se regula el accionamiento de ajuste (38), con los datos almacenados como magnitud piloto 72 para el rectificado de las piezas (22), mediante un regulador (62), con regulación de fuerza en las secciones (BB) de contacto, y con regulación de posición en las secciones (BFB) libres de contacto.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los datos se almacenan junto con una información de tiempos, y se determinan, a partir de los datos y de la información de tiempos, los intervalos (BT) de tiempo de contacto correspondientes a las secciones (BB) de contacto, y los intervalos de tiempo (BFT) libres de contacto, correspondientes a las secciones (BFB) libres de contacto, y entonces, para el rectificado de las piezas (22), y entonces se regula el accionamiento de ajuste (38) según la fuerza en los intervalos (BT) de tiempo de contacto, y según la posición en los intervalos de tiempo (BFT) libres de contacto.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el accionamiento de ajuste (38) actúa conjuntamente con el rodillo de contacto (32), desplazable a lo largo de una trayectoria (37), y por que la fuerza (K) ejercida por el rodillo de contacto (32) sobre el accionamiento de ajuste (38) se determina continuamente mediante el órgano (43) de medición de fuerza.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el aparato de manipulación (12), preferentemente un robot industrial (16), es controlado mediante un control programable de aparatos (18) para desplazar la pieza de prueba y las piezas (22) a lo largo de la trayectoria (24) de movimiento, el accionamiento de ajuste (38) es regulado mediante un controlador programable (28) que almacena los datos y configura el regulador (62), y el control de aparatos (18) proporciona en su caso al controlador (28) las señales de sincronización que determina la información de tiempos, a fin de almacenar los datos de forma sincronizada con el movimiento del aparato de manipulación (12), o bien leerlos de la memoria para la regulación.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que mediante los datos para las distintas secciones de la trayectoria del movimiento, se realizan respectivamente identificaciones de los trayectos de regulación, y el regulador (62) tiene en cuenta, para rectificar la pieza (22) y al recorrer la sección respectiva, la identificación del trayecto asignado a esa sección.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que mediante un elemento (56) medidor de fuerza, que actúa preferentemente en ángulo recto respecto al órgano (43) de medición de fuerza, se determina la correspondiente componente (F') de presión que actúa sobre el rodillo (32) de contacto.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que de los datos del órgano (43) de medición de fuerza, o bien del elemento (56) medidor de fuerza, captados durante el rectificado de las piezas (22), se determina una información de desgaste caracterizadora del desgaste de la cinta (30) de rectificar, y se regula preferentemente, sobre la base de la información del desgaste, la velocidad de accionamiento de la cinta (30) de rectificar, y/o la fuerza de presión (F) con la que la pieza (22) se apoya respectivamente sobre la cinta (30) de rectificar, hasta una remoción de virutas aproximadamente constante.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que de los datos del órgano (43) de medición de fuerza, y/o del sensor de posición (40), y/o el tiempo del proceso, y/o en su caso del elemento (56) medidor de fuerza, se determina un espectro de frecuencia para las respectivas secciones (BB) de contacto, o bien para los intervalos (BT) de contacto.

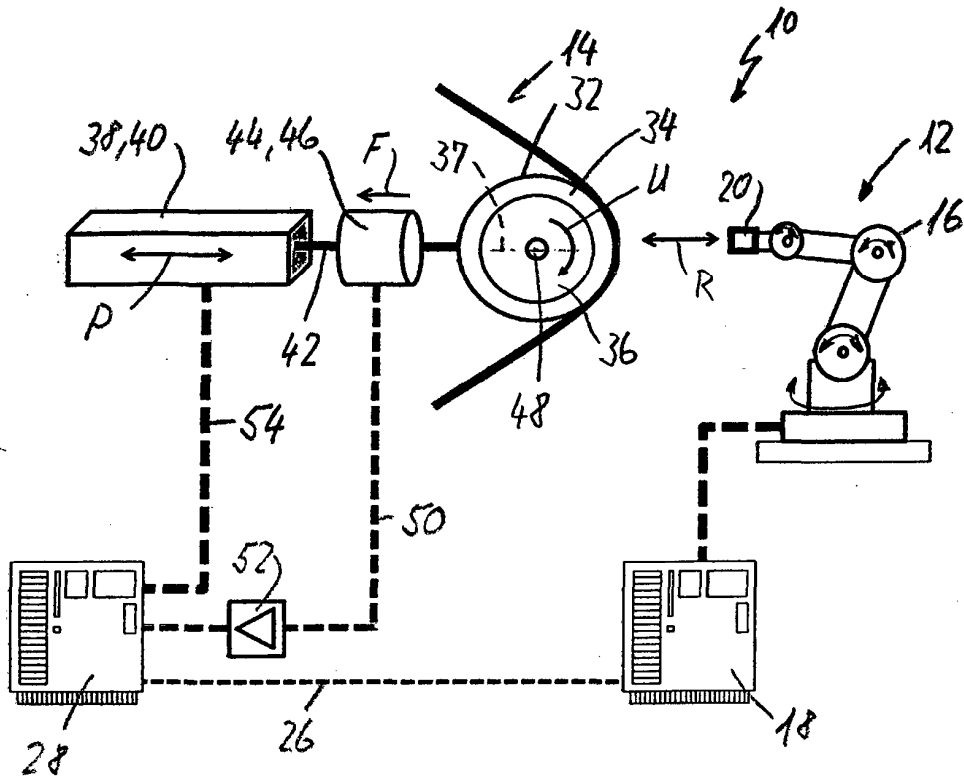


Fig. 1

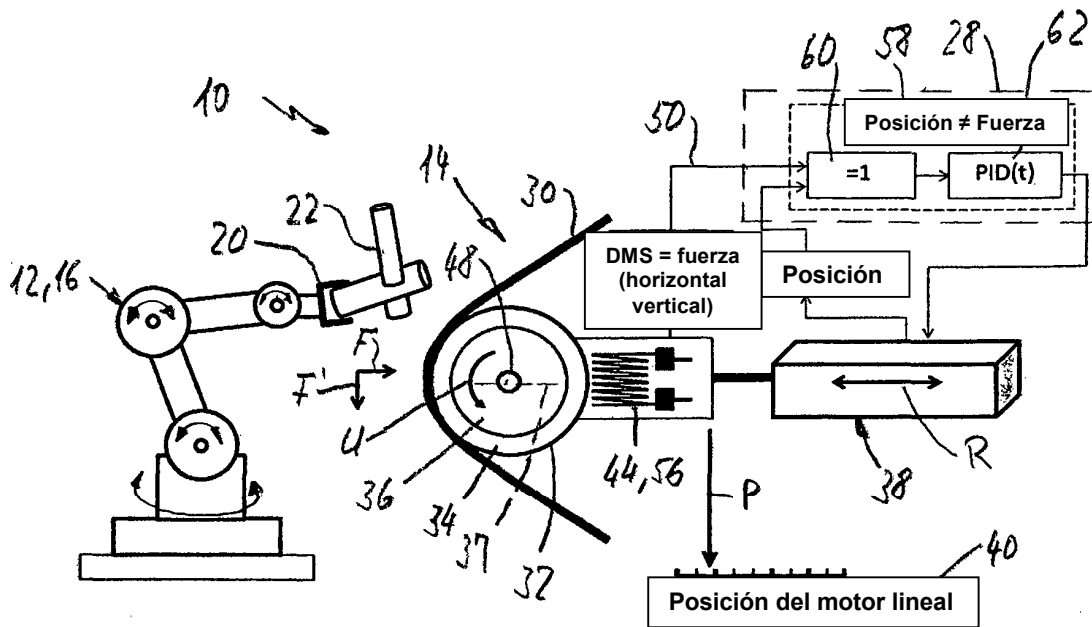


Fig. 2

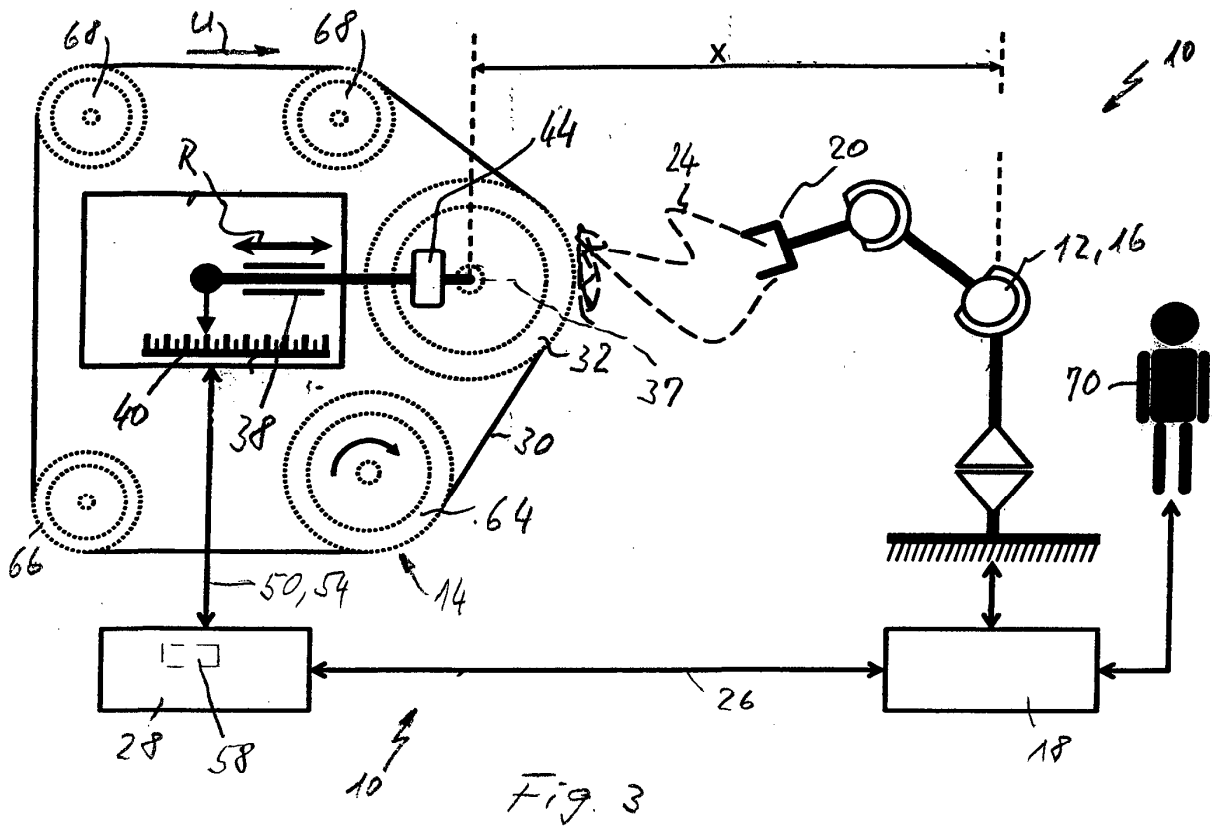


Fig. 3

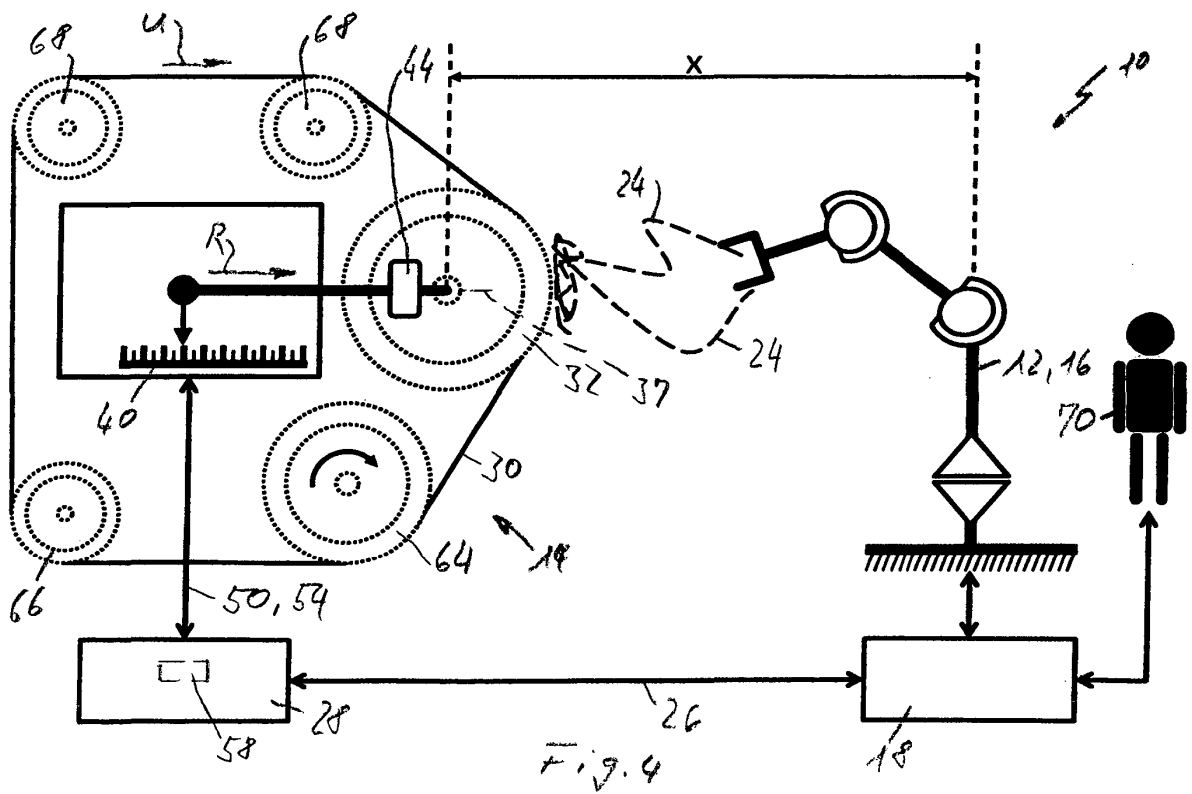


Fig. 4

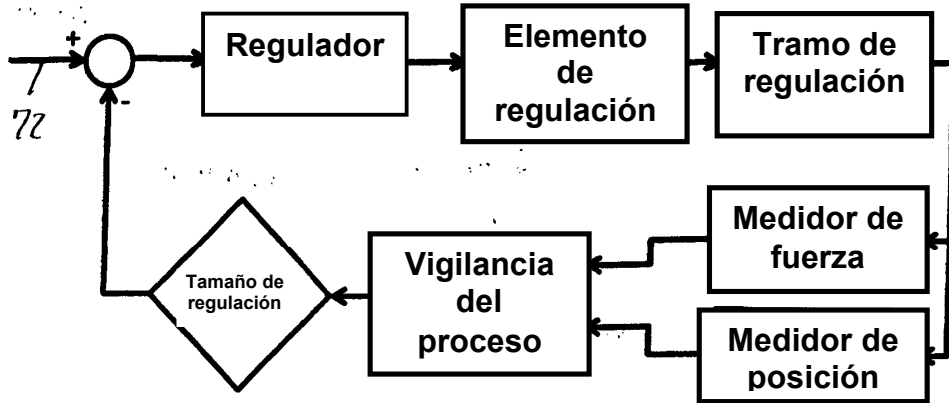


Fig. 7

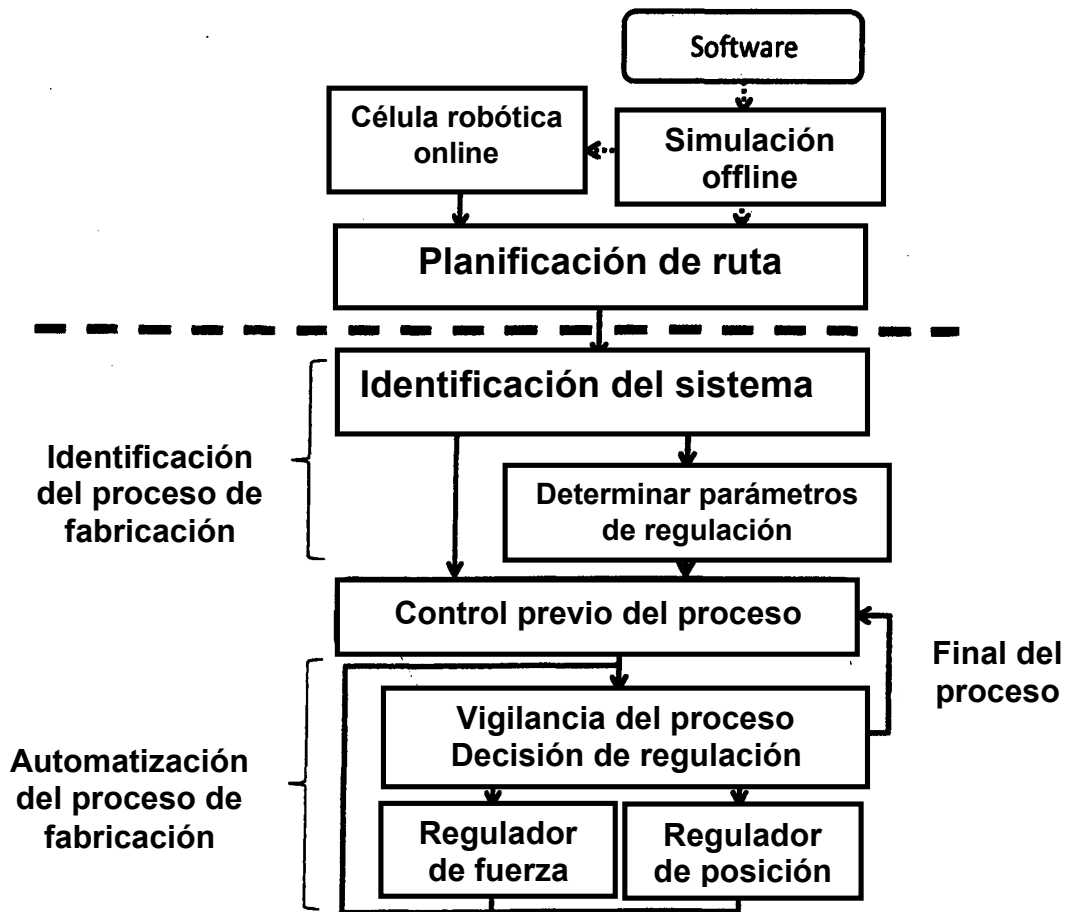


Fig. 8

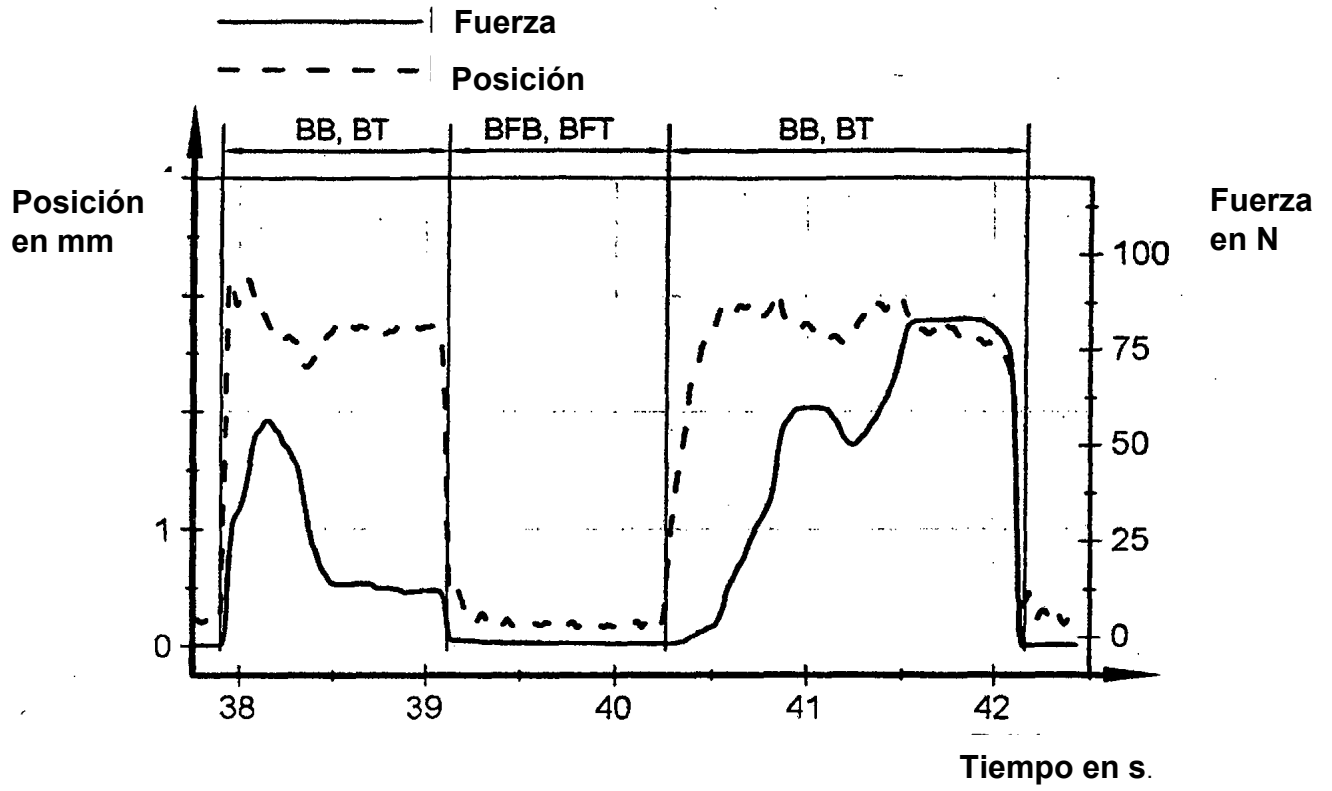


Fig. 9