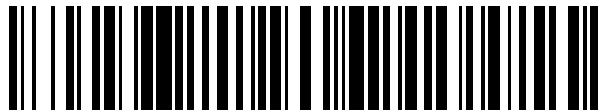


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 951 593**

51 Int. Cl.:

B24B 5/37 (2006.01)

B24B 5/04 (2006.01)

B24B 49/04 (2006.01)

B24B 49/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2014 PCT/EP2014/078979**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2015 WO15097146**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2014 E 14823988 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3086901**

54 Título: **Dispositivo de rectificado de cilindro y procedimiento para rectificar un cilindro**

30 Prioridad:

23.12.2013 DE 102013021800

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

23.10.2023

73 Titular/es:

**SPEIRA GMBH (100.0%)
Aluminiumstraße 1
41515 Grevenbroich, DE**

72 Inventor/es:

**DRAESE, STEPHAN;
HOLTZ, JAN HENDRIK y
NITZSCHE, GERNOT**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 951 593 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

Dispositivo de rectificado de cilindro y procedimiento para rectificar un cilindro

5 La invención se refiere a un procedimiento para rectificar un cilindro, en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, mediante un dispositivo de rectificado de cilindro. Además, la invención se refiere a un dispositivo de rectificado de cilindro para rectificar un cilindro.

10 Los cilindros presentan normalmente una tabla de cilindro, a continuación de la cual están dispuestos axialmente a los dos lados gorriones de cilindro. La superficie de la tabla del cilindro se denomina en el presente documento superficie del cilindro puesto que es en este sentido la superficie del cilindro que durante el laminado entra en contacto con el producto laminado (en el caso de un cilindro de trabajo) o con las superficies de rodadura de otros cilindros (en el caso de un cilindro intermedio o de apoyo). Para el uso de un cilindro de este tipo en un laminador, los gorriones de los cilindros se insertan en cojinetes del laminador previstos para este fin, de modo que el cilindro queda alojado de
15 manera giratoria. Uno de los dos gorriones de cilindro presenta normalmente un contorno de conexión, por ejemplo un aplanamiento, para la conexión con un accionamiento giratorio de cilindro.

20 La calidad de los productos laminados, por ejemplo de bandas o láminas de aluminio, depende directamente de la naturaleza de los cilindros usados para el laminado de estos productos.

Por lo tanto, además de los requisitos para el material del cilindro, los cilindros también deben cumplir criterios con respecto a la geometría del cilindro, es decir, con respecto al contorno de la tabla del cilindro, y con respecto a la calidad de su superficie, es decir, la calidad de la superficie del cilindro. La calidad de la superficie del cilindro comprende por regla general el cumplimiento simultáneo de uno o varios criterios con respecto a la rugosidad de la superficie, el
25 brillo de la superficie, la ausencia de dibujos y/o la ausencia de defectos singulares o recurrentes en la micrografía del cilindro.

30 La calidad de la superficie de los cilindros desempeña un papel importante, en particular en el laminado de productos laminados que a su vez están sujetos a requisitos estrictos de la calidad de la superficie, puesto que los defectos superficiales en la superficie del cilindro, como rasguños o dibujos, pueden transferirse al producto laminado, por lo que este debe someterse a un tratamiento posterior costoso o, dado el caso, incluso desecharse.

35 Por esta razón, los cilindros de laminadores, en particular los cilindros de trabajo, los cilindros intermedios y/o los cilindros de apoyo, son rectificadas regularmente en dispositivos para rectificar cilindros previstos a tal efecto para mantener o restaurar, por un lado, la geometría del cilindro y, por otro lado, la calidad de la superficie del cilindro.

40 Por el estado de la técnica se conocen procedimientos de rectificado cilíndrico manuales o parcialmente automatizados, que se realizan en rectificadoras cilíndricas exteriores convencionales o denominadas CNC (CNC = Computerized Numerical Control). En el procedimiento de rectificado cilíndrico parcialmente automatizado, la geometría del cilindro y el diámetro del cilindro se generan de manera asistida por CNC, es decir, mediante máquinas controladas electrónicamente.

45 En algunos procedimientos de rectificado, se intenta aproximarse a una rugosidad objetivo deseada de la superficie del cilindro. No obstante, la rugosidad de la superficie del cilindro que puede conseguirse depende en gran medida de los parámetros de la herramienta abrasiva, en particular, una muela abrasiva que se usa normalmente, del material del cilindro, del lubricante refrigerador usado durante el rectificado, así como de las características de la instalación de rectificado cilíndrico propiamente dicha. Teóricamente, los procedimientos de rectificado con control CNC del estado de la técnica solo pueden tener éxito con respecto a la rugosidad objetivo a ajustar de la superficie del cilindro si las condiciones en el cilindro, en la herramienta abrasiva, en la lubricación y refrigeración y en la instalación de rectificado
50 cilíndrico propiamente dicha se mantienen constantes durante todo el proceso de rectificado. No obstante, es difícil realizar esto en la práctica, de modo que la rugosidad objetivo deseada de la superficie del cilindro solo se puede lograr hasta cierto grado, en función de la experiencia del personal de servicio de la instalación de rectificado.

55 Para ayudar al personal de servicio en la evaluación de la superficie creada durante el proceso de rectificado se usan en parte procedimientos de medición fuera de línea y en línea para poder realizar correcciones manuales durante el proceso de rectificado en curso. Para ello, se interrumpe por ejemplo el proceso de rectificado se interrumpe a intervalos determinados, de modo que pueden realizarse mediciones en el cilindro. En función del resultado de las mediciones, el personal de servicio puede continuar el proceso de rectificado con los mismos parámetros o con parámetros modificados.

60 Recientemente, los requisitos para la calidad de la superficie de los productos laminados han continuado aumentando, de modo que existen requisitos correspondientemente altos también para la calidad de la superficie de los cilindros, en particular en el caso de los cilindros de trabajo.

65 En los procesos de rectificado convencionales o asistidos por CNC anteriormente descritos, esta calidad es evaluada visualmente y/o con ayuda de medios auxiliares de la técnica de medición por el personal de servicio de las

instalaciones de rectificado cuando el proceso de rectificado se interrumpe o después de que el proceso de rectificado haya finalizado (fuera de línea) y/o con ayuda de medios auxiliares de la técnica de medición o durante el proceso de rectificado (en línea), de modo que el personal de servicio puede tomar, dado el caso, manualmente medidas correctivas o repetir el proceso de rectificado.

5 No obstante, la calidad de la superficie de los cilindros de trabajo rectificadas depende por ello en gran medida de la experiencia adquirida por el personal de servicio. Además, de esta manera solo se pueden lograr calidades de superficie especialmente altas de forma poco fiable o, en parte, de ninguna manera.

10 Por el documento US 6,062,948 se conoce un procedimiento para la medición de una pieza de trabajo. Por el documento WO 99/26755 A2 se conoce un dispositivo para el centrado de un cilindro. Por el documento US 5,800,247 se conoce un aparato de medición sin contacto. Por el documento JP 2006-208347, que representa la base del preámbulo de la reivindicación 12, se conocen un detector de defectos superficiales y un dispositivo de rectificado.

15 En vista de este estado de la técnica, el objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo de rectificado de cilindro o un procedimiento para rectificar un cilindro, con los que se pueda conseguirse de forma fiable una alta calidad de superficie de los cilindros de trabajo.

20 Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante un procedimiento para rectificar un cilindro, en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, mediante un dispositivo de rectificado de cilindro, en el que se rectifica un cilindro con una herramienta abrasiva del dispositivo de rectificado de cilindro, en el que se mide durante el rectificado al menos un valor de medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de superficie del cilindro, en el que se ajusta durante el rectificado al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro en función de la magnitud de medición y en el que la zona de la superficie del cilindro detectada durante la medición se limpia antes de la medición.

25 Se ha detectado que mediante el registro de al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro durante el rectificado, es posible una regulación activa del dispositivo de rectificado de cilindro, mediante la que pueden conseguirse mejor las especificaciones para la calidad de la superficie del cilindro. De esta manera, también pueden cumplirse altas exigencias de la calidad de la superficie del cilindro, independientemente de la experiencia adquirida por el personal de servicio del dispositivo de rectificado de cilindro.

30 La magnitud de medición o una magnitud derivada de la magnitud de medición puede usarse en particular como magnitud de control de una regulación que debe regularse en un valor teórico predeterminado o que puede ser predeterminado. Mediante la medición puede determinarse un valor real de la magnitud de control, que se compara en la regulación con el valor teórico. El al menos un parámetro de funcionamiento puede usarse en la regulación preferentemente como una magnitud de ajuste, mediante la que tiene lugar la regulación de la magnitud de control. En una regulación de este tipo, el valor de la magnitud de ajuste o del parámetro de funcionamiento se determina en función de la desviación de la magnitud de control del valor teórico y, por lo tanto, en función del valor medido de la magnitud de medición.

35 La detección de la al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro puede realizarse preferentemente adicionalmente a la detección de una o varias magnitudes de medición relacionadas con la geometría del cilindro. En este caso, puede ajustarse preferentemente al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro en función de la magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro y una magnitud de medición relacionada con la geometría del cilindro. De esta manera, pueden cumplirse al mismo tiempo los requisitos de la geometría como también de la calidad de la superficie del cilindro.

40 Con el procedimiento anteriormente descrito, puede conseguirse en particular que el proceso de rectificado esté menos sujeto a influencias de una evaluación visual subjetiva de la superficie por parte del personal de servicio y que las características de rectificado obtenidas, en particular la calidad de superficie obtenida, dependan en menor medida del personal de servicio, la herramienta abrasiva, el cilindro mecanizado, los materiales adicionales para la producción y/o las características de la máquina del dispositivo de rectificado de cilindro. De esta manera, en particular, pueden acortarse tiempos de rectificado y/o pueden evitarse rectificadas incorrectas, de manera que en resumen se consigue una reducción de los costes.

45 Además, con el procedimiento descrito puede conseguirse una mejor reproducibilidad del rectificado de cilindro del cilindro rectificado, así como una reducción de las tolerancias con respecto a los parámetros de la superficie deseada del cilindro.

50 En el procedimiento, se rectifica un cilindro con una herramienta abrasiva del dispositivo de rectificado de cilindro. Una herramienta abrasiva de este tipo presenta preferentemente un cuerpo abrasivo, en particular en forma de una muela abrasiva, que durante el rectificado gira con una velocidad ajustable del cuerpo abrasivo. Una muela abrasiva de este tipo puede estar formada, por ejemplo, por una matriz, preferentemente una matriz de resina sintética, como por ejemplo una matriz de baquelita o una matriz cerámica, con partículas abrasivas incrustadas, preferentemente partículas de corindón, partículas de nitruro de boro (CBN) y/o partículas de carburo de silicio (SiC).

5 Durante el rectificado, el cilindro es accionado preferentemente de manera giratoria alrededor de su eje axial, en particular con una velocidad de cilindro ajustable, de modo que la superficie del cilindro puede ser mecanizada en toda su circunferencia con la herramienta abrasiva. La zona del cilindro que está siendo mecanizado respectivamente por la herramienta abrasiva o el cuerpo abrasivo se denomina zona de rectificado.

10 Además, durante el rectificado, la herramienta abrasiva se mueve preferentemente en paralelo al eje axial del cilindro, esencialmente a lo largo de toda la anchura de la tabla del cilindro, de modo que la superficie del cilindro puede ser mecanizada con la herramienta abrasiva en toda la extensión axial de la tabla del cilindro. Alternativamente, el cilindro también puede desplazarse durante el rectificado en la dirección axial con respecto a la herramienta abrasiva. La velocidad relativa entre la herramienta abrasiva y el cilindro durante este movimiento se denomina velocidad de avance axial.

15 En el procedimiento, se mide durante el rectificado al menos un valor de medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro. Por una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro se entiende una magnitud de medición que, a diferencia de las magnitudes de medición relacionadas con la geometría del cilindro, como el contorno de la tabla o el diámetro del cilindro, se refiere al estado de la superficie del cilindro, preferentemente a la rugosidad de la superficie, el brillo de la superficie, la ausencia de dibujos y/o la ausencia de defectos singulares o recurrentes de la superficie del cilindro. Preferentemente, también pueden medirse valores de medición para varias de estas magnitudes de medición durante el rectificado, preferentemente de forma continua.

20 La medición del al menos un valor de medición tiene lugar durante el rectificado, es decir, mientras se rectifica la superficie del cilindro con la herramienta abrasiva. De esta manera, la calidad de la superficie del cilindro puede medirse durante el funcionamiento de rectificado.

30 De acuerdo con la invención, el al menos un valor de medición se mide en al menos una zona de medición en la superficie del cilindro. Para este fin, el dispositivo de rectificado de cilindro presenta preferentemente un dispositivo de medición que está configurado para medir un valor de medición en una zona de medición de este tipo en la superficie del cilindro. El dispositivo de medición puede ser, por ejemplo, un dispositivo de medición óptico, como una cámara u otro detector de luz, que detecta luz reflejada o dispersada por la superficie del cilindro en la zona de medición y calcula a partir de ello un valor de medición. La posición y el tamaño de la zona de medición dependen en particular de la zona en la superficie del cilindro detectada por el dispositivo de medición, así como del movimiento relativo del cilindro con respecto al dispositivo de medición, por ejemplo por una rotación del cilindro durante el proceso de medición. La zona de medición está dispuesta preferentemente en las inmediaciones detrás de la zona de rectificado, preferentemente a una distancia de un máximo de 30 cm, preferentemente de un máximo de 20 cm, en particular de un máximo de 10 cm. Por disposición detrás de la zona de rectificado se entiende que la zona de medición se encuentra en una posición a la que llega una zona de la superficie del cilindro después de haber sido mecanizada en la zona de rectificado. Por ejemplo, si la herramienta abrasiva se mueve de izquierda a derecha (de derecha a izquierda) a lo largo del eje axial del cilindro, la zona de medición está dispuesta preferentemente a la izquierda (derecha) de la herramienta abrasiva.

45 Preferentemente se miden una pluralidad de valores de medición durante el rectificado, por ejemplo, a intervalos determinados o de manera continua. De esta manera, la calidad de la superficie puede determinarse durante el rectificado en diferentes zonas de medición en la superficie del cilindro y/o en función del tiempo.

50 Preferentemente, se asigna una información sobre la posición de la zona de medición asociada a los valores de medición determinados. Para este fin, el dispositivo de rectificado de cilindro presenta preferentemente medios para determinar la posición de la zona de medición en la superficie del cilindro. La posición del dispositivo de medición o de la zona de medición en la dirección axial (coordenada z) puede determinarse, por ejemplo, con un primer sensor. Además, con un segundo sensor, en particular un transductor angular, puede determinarse el ángulo de giro del cilindro o la posición de la zona de medición en la posición circunferencial (coordenada c). Las respectivas coordenadas z y c pueden asignarse a continuación a un valor de medición medido en una zona de medición y el valor de medición y las coordenadas asociadas pueden almacenarse, por ejemplo, en una matriz de datos. De esta manera, el procesamiento posterior del valor de medición puede tener lugar en función de la posición de la zona de medición en la superficie del cilindro.

60 En el procedimiento, al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro se ajusta durante el rectificado en función de la magnitud de medición. Esto significa que al menos un parámetro de funcionamiento se ajusta en función del al menos un valor de medición de la magnitud de medición medido durante el rectificado.

65 De acuerdo con la invención, este ajuste tiene lugar automáticamente, es decir, sin intervención humana, por ejemplo, por parte del personal de servicio. De esta manera, los parámetros de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro pueden regularse en función de los valores de medición determinados durante el rectificado, de modo que es posible una regulación de los parámetros de funcionamiento en función de la calidad de superficie del cilindro obtenida

durante el rectificado. Gracias a ello, los perfiles de requisitos de la calidad de la superficie del cilindro puede cumplirse mejor y más independientemente de las condiciones del entorno o de la experiencia del personal de servicio. Durante el rectificado, también pueden medirse adicionalmente uno o varios valores de medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la geometría del cilindro y puede ajustarse al menos un parámetro de funcionamiento en función de esta magnitud de medición. Una magnitud de medición de este tipo puede referirse, por ejemplo, al contorno de la tabla y/o al diámetro del cilindro.

El objetivo anteriormente mencionado se consigue además mediante un dispositivo de rectificado de cilindro para rectificar un cilindro, en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, por ejemplo para laminadores en frío de aluminio, con un soporte de cilindros que comprende dos cojinetes que están configurados para alojar el cilindro de manera giratoria, con un accionamiento que está configurado para accionar de manera giratoria el cilindro con una velocidad ajustable del cilindro, y con una herramienta abrasiva que está configurada para alojar y accionar de manera giratoria un cuerpo abrasivo con una velocidad ajustable del cuerpo abrasivo, así como para la regulación del cuerpo abrasivo con respecto al cilindro, comprendiendo el dispositivo de rectificado de cilindro un dispositivo de medición que está configurado para medir valores de medición de una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro y comprendiendo el dispositivo de rectificado de cilindro un equipo de control configurado para controlar el dispositivo, estando configurado el equipo de control para inducir la medición de al menos un valor de medición con el dispositivo de medición durante el rectificado y para ajustar al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro, en particular la velocidad de avance axial, la velocidad del cilindro, la velocidad del cuerpo abrasivo y/o la regulación de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro en función de la magnitud de medición, y presentando el dispositivo de rectificado de cilindro un dispositivo de limpieza que está configurado para limpiar la zona de medición detectada por el dispositivo de medición antes de llevarse a cabo la medición. La regulación de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro puede determinarse o ajustarse, por ejemplo, mediante la corriente de accionamiento (por ejemplo, corriente de inducido del inducido del motor) o la potencia de accionamiento del accionamiento giratorio del cuerpo abrasivo.

Los cojinetes del soporte de cilindros están configurados preferentemente para el alojamiento de los gorriones de cilindro de un cilindro. Para accionar el cilindro con una velocidad ajustable del cilindro o para accionar el cuerpo abrasivo con una velocidad ajustable del cuerpo abrasivo, el dispositivo de rectificado de cilindro puede comprender por ejemplo, respectivamente un motor eléctrico. Como cuerpos abrasivos pueden usarse en particular muelas abrasivas.

Por regulación de la herramienta abrasiva o del cuerpo abrasivo con respecto al cilindro se entiende la posición y/o la orientación del cuerpo abrasivo con respecto al cilindro, en particular la distancia al eje axial del cilindro. Cuando la tabla del cilindro tiene una forma normal, el diámetro del cilindro varía en la dirección axial. Para conseguir un mecanizado uniforme de toda la superficie del cilindro con el cuerpo abrasivo, la distancia entre el cuerpo abrasivo y el eje axial del cilindro se adapta por lo tanto preferentemente a la posición de la herramienta abrasiva en la dirección axial. Mediante la regulación del cuerpo abrasivo con respecto al cilindro puede ajustarse en particular también la presión con la que el cuerpo abrasivo presiona la superficie del cilindro.

El dispositivo de rectificado de cilindro comprende un dispositivo de medición que está configurado para medir valores de medición de una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro. Preferentemente, el dispositivo de medición está configurado para medir los valores de medición en al menos una zona de medición en la superficie del cilindro. Con respecto a los valores de medición relacionados con la calidad de la superficie del cilindro, su medición y las propiedades del dispositivo de medición que resultan de ello, se remite a la descripción anterior del procedimiento. El dispositivo de medición está configurado preferentemente de tal manera que la distancia entre el dispositivo de medición y la superficie del cilindro se mantiene constante durante el rectificado y/o que al menos un eje de simetría del dispositivo de medición está dispuesto en un ángulo fijo con respecto a la superficie del cilindro. De esta forma, puede mejorarse la precisión de la medición o la comparabilidad de diferentes mediciones.

El dispositivo de rectificado de cilindro comprende además un equipo de control configurado para controlar el dispositivo de rectificado de cilindro. En este sentido puede ser, por ejemplo, un equipo de control con al menos un microprocesador y preferentemente al menos una memoria conectada con el microprocesador. El equipo de control está configurado para inducir durante el rectificado la medición de al menos un valor de medición con el dispositivo de medición y para ajustar al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro, en particular la velocidad del cilindro, la velocidad del cuerpo abrasivo, el sentido de giro del cilindro y/o del cuerpo abrasivo, la velocidad de avance axial y/o la regulación de la herramienta abrasiva en función de la magnitud de medición. Por ello se entiende que el al menos un parámetro de funcionamiento se ajusta en función del al menos un valor de medición de la magnitud de medición medido durante el rectificado.

De esta manera, el dispositivo de rectificado de cilindro descrito permite detectar una o varias magnitudes de medición relacionadas con la calidad de la superficie durante el proceso de rectificado en curso y regular los parámetros de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro con los valores de medición de estas magnitudes de medición, de modo que es posible una regulación activa de parámetros de funcionamiento relevantes para la calidad de la superficie del cilindro y puede mejorarse de esta manera la calidad de la superficie de los cilindros rectificados que puede conseguirse con el dispositivo de rectificado de cilindro.

El dispositivo de rectificado de cilindro anteriormente descrito se usa preferentemente para llevar a cabo el procedimiento anteriormente descrito.

5 A continuación se explican diferentes formas de realización del dispositivo de rectificado de cilindro anteriormente descrito y del procedimiento anteriormente descrito. Las formas de realización individuales se aplican en todo su alcance, respectivamente tanto al dispositivo de rectificado de cilindro como al procedimiento, aunque algunas formas de realización individuales se describan principalmente para el dispositivo de rectificado de cilindro o el procedimiento.

10 En una forma de realización del dispositivo de rectificado de cilindro, el equipo de control está configurado para llevar a cabo el procedimiento anteriormente descrito y/o una forma de realización del procedimiento que se ha descrito anteriormente o se describirá a continuación. Para este fin, el equipo de control puede comprender un microprocesador y una memoria conectada con el mismo con comandos, cuya ejecución por parte del microprocesador induce que se lleve a cabo el procedimiento o la respectiva forma de realización del procedimiento.

15 En un ejemplo de realización del procedimiento, durante el rectificado se mide al menos un valor de medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la rugosidad de la superficie del cilindro y/o al menos una formación de dibujos en la superficie del cilindro, en particular con un procedimiento de medición óptico.

20 Como magnitudes de medición relacionadas con la rugosidad de la superficie del cilindro se tienen en cuenta en particular las siguientes magnitudes de medición: R_a , R_q , R_z , R_{sk} , R_{dq} , R_{pc} (respectivamente según DIN EN ISO 4287), S_a , S_q , S_z , S_{sk} , S_{dq} , S_{ds} (respectivamente según ISO 25178), A_q , A_{sk} , A_{qm} (respectivamente según la directiva VDA 2009 "Técnica de medición de luz dispersada con resolución angular"). Durante el rectificado puede medirse, por ejemplo, al menos respectivamente un valor de medición de una o varias de las magnitudes de medición anteriormente mencionadas. En este sentido se usan en particular preferentemente una o varias de las magnitudes de medición A_q , A_{sk} , A_{qm} , que pueden determinarse mediante un procedimiento de medición óptico, en particular mediante un procedimiento de medición de luz dispersada o de reflectividad. En particular, también es posible una medición continua de estas magnitudes de medición. Los valores objetivo normales para la rugosidad de la superficie de los cilindros pueden estar situados, por ejemplo para la magnitud de medición R_a , en el intervalo de $0,01 \mu\text{m}$ a $1 \mu\text{m}$.

30 Las magnitudes de medición relacionadas con la rugosidad de la superficie del cilindro, como por ejemplo A_q o A_{qm} , pueden ser influenciadas o determinadas en particular por la velocidad de avance axial, la regulación de la herramienta abrasiva o por la relación de la velocidad entre el cilindro y el cuerpo abrasivo en la zona de rectificado. Una reducción de la velocidad de avance axial y/o de la aproximación puede conducir por ejemplo a rugosidades menos pronunciadas. Por lo tanto, se ajusta preferentemente al menos uno de los parámetros de funcionamiento como velocidad de avance axial, regulación de la herramienta abrasiva, velocidad del cilindro, velocidad del cuerpo abrasivo, sentido de giro del cilindro y/o sentido de giro del cuerpo abrasivo en función de la al menos una magnitud de medición relacionada con la rugosidad de la superficie del cilindro, como por ejemplo A_q o A_{qm} .

40 Como magnitudes de medición relacionadas con la formación de dibujos en la superficie del cilindro pueden tenerse en cuenta, por ejemplo, las siguientes magnitudes de medición: Magnitudes de medición que pueden calcularse a partir de una transformada de Fourier (por ejemplo, mediante FFT) de una captación de una imagen de la superficie del cilindro o la desviación estándar de A_{qm} , determinada en particular en una zona limitada en la dirección axial. Por ejemplo, se ha detectado que dibujos en la superficie del cilindro conducen a una mayor variación del valor A_{qm} , de modo que los dibujos en la superficie del cilindro pueden detectarse, por ejemplo, por el hecho de que la desviación estándar de A_{qm} rebasa un valor límite predeterminado. Además, también puede usarse una magnitud de medición relacionada con el estado vibratorio del cilindro y/o del dispositivo de rectificado de cilindro para controlar la formación de dibujos en la superficie del cilindro. En particular, una desviación del espectro de vibración de un intervalo de espectros de vibración predefinido, que corresponde, por ejemplo, al intervalo de espectros de vibración habituales en el funcionamiento normal del dispositivo de rectificado de cilindro, puede indicar el riesgo de una formación de dibujos en la superficie del cilindro.

55 La selección de una o varias magnitudes de medición relacionadas con la calidad de la superficie, en particular, la rugosidad de la superficie del cilindro, para las que deben medirse uno o varios valores de medición durante el rectificado, se realiza preferentemente en función del material del cilindro, del caso de aplicación en la caja de laminación, es decir, a) del tipo de caja de laminación o del tipo de laminador y/o b) del tipo de cilindro (por ejemplo, cilindro de trabajo, cilindro intermedio o cilindro de apoyo), de la etapa de fabricación en la que debe usarse el cilindro (por ejemplo, pasada previa, pasada intermedia o pasada final) y/o de propiedades específicas del producto laminado que ha de fabricarse con el cilindro (por ejemplo, espesor, brillo y/o rugosidad).

60 La medición se lleva a cabo preferentemente con un procedimiento de medición óptico, por ejemplo mediante una medición óptica de luz dispersada o de reflectividad, en la que irradia la luz de una fuente de luz sobre la superficie del cilindro y se detecta la luz reflejada o dispersada por la superficie del cilindro con un detector de luz, preferentemente en función del ángulo. Alternativa o adicionalmente, también pueden captarse imágenes de la superficie del cilindro con un aparato de detección de imágenes y examinarse en busca de dibujos recurrentes. Esto se puede hacer, por ejemplo, mediante una transformada de Fourier de los datos de imagen captados por la cámara.

Mediante el uso de un procedimiento de medición óptico, los valores de medición pueden determinarse sin contacto, de modo que no se ven afectados por la medición, por un lado, la superficie del cilindro y, por otro lado, el dispositivo de medición usado para la medición. Además, estas mediciones ópticas son posibles durante el proceso de rectificado en curso. También alternativa o adicionalmente pueden considerarse los siguientes procedimientos de medición o el uso de dispositivos de medición configurados para estos procedimientos de medición para determinar la rugosidad de la superficie del cilindro: Triangulación láser o mediciones confocales cromáticas en las que se usan sensores de punto confocales cromáticos.

En una forma de realización correspondiente del dispositivo de rectificado de cilindro, este presenta un dispositivo de medición que está configurado para medir valores de medición de una magnitud de medición relacionada con la rugosidad de la superficie y/o al menos una formación de dibujos en la superficie del cilindro, en particular un dispositivo de medición óptico.

En el artículo de R. Brodmann *et al.*, QZ Año 53, número 7, 2008, páginas 46 - 49, cuyo contenido se incluye íntegramente en la presente divulgación, también puede encontrarse una visión global de posibles procedimientos de medición y las definiciones de las magnitudes de medición asociadas en relación a los valores característicos de la microestructura de una superficie.

En otra forma de realización del dispositivo de rectificado de cilindro, el dispositivo de medición está configurado para presentar durante el rectificado respectivamente una posición esencialmente estacionaria con respecto a la herramienta abrasiva. En una forma de realización correspondiente del procedimiento, la medición de los valores de medición de la al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro tiene lugar durante el rectificado, respectivamente en una posición espacial esencialmente fija con respecto a la herramienta abrasiva. Para este fin, el dispositivo de medición puede estar acoplado por ejemplo al movimiento de la herramienta abrasiva, de modo que el dispositivo de medición se mueve también cuando se mueve la herramienta abrasiva. De esta manera puede conseguirse que los valores de medición detectados durante el rectificado tengan una relación fija con el proceso de rectificado. Por ejemplo, el dispositivo de medición puede estar dispuesto con respecto a la herramienta abrasiva de tal manera que una sección superficial de la superficie del cilindro mecanizada por el cuerpo abrasivo llegue después de un tiempo determinado a una zona de medición del dispositivo de medición, cuando la velocidad axial relativa de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro está predeterminada. Una relación de tiempo fija de este tipo entre el mecanizado y la medición en una sección superficial de la superficie del cilindro por regla general simplifica el ajuste de los parámetros de funcionamiento en función de la magnitud de medición correspondiente.

Preferentemente, la posición espacial relativa del dispositivo de medición o la posición de medición con respecto a la herramienta abrasiva se adapta a la dirección de mecanizado de tal manera que la zona de medición queda dispuesta respectivamente detrás de la zona de rectificado.

El dispositivo de rectificado de cilindro presenta preferentemente un mecanismo de ajuste que está configurado para desplazar el dispositivo de medición cuando cambia el signo de la velocidad de avance axial de tal modo que, también después del cambio de signo de la velocidad de avance la zona de medición queda dispuesta detrás de la zona de rectificado. De esta forma, se consigue que independientemente del signo de la velocidad de avance axial, es decir, por ejemplo, independientemente de si la herramienta abrasiva se mueve en una dirección o en otra en paralelo al eje axial con respecto al cilindro, la zona de medición quede dispuesta detrás de la zona de rectificado, de modo que en la zona de medición puede medirse la superficie mecanizada poco antes por la herramienta abrasiva.

El dispositivo de medición está dispuesto preferentemente en la zona de la herramienta abrasiva, por ejemplo al lado, por encima o por debajo de la herramienta abrasiva. El dispositivo de medición tiene preferentemente una distancia inferior a 50 cm, preferentemente inferior a 35 cm, en particular inferior a 20 cm de la herramienta abrasiva. Por consiguiente, la zona de medición detectada durante la medición en la superficie del cilindro está dispuesta preferentemente en la zona de la zona mecanizada por la herramienta abrasiva, preferentemente a una distancia inferior a 50 cm, preferentemente inferior a 35 cm, en particular inferior a 20 cm. De esta manera, los valores de medición determinados están estrechamente relacionados espacial y temporalmente con la zona de la superficie del cilindro mecanizada por la herramienta abrasiva, de modo que los valores de medición contienen información representativa y reciente sobre la calidad de la superficie del cilindro. Gracias a ello se consigue una latencia más reducida de la regulación, de modo que pueden tomarse contramedidas en un tiempo más corto para contrarrestar las desviaciones entre las especificaciones objetivo y los valores de medición medidos.

Esta forma de realización es ventajosa, en particular, para cilindros de trabajo, cilindros intermedios o cilindros de apoyo de un laminador, puesto que estos cilindros presentan normalmente longitudes de tablas de hasta 2,50 m y diámetros de hasta 1300 mm. Por lo tanto, el mecanizado de toda la superficie del cilindro por parte de la herramienta abrasiva requiere un tiempo determinado, que ya puede ser demasiado largo como tiempo de latencia para la regulación de los parámetros de funcionamiento. Debido a la disposición estacionaria y/o cercana del dispositivo de medición con respecto a la herramienta abrasiva, pueden conseguirse tiempos de latencia significativamente más cortos en la regulación.

De acuerdo con la invención, el dispositivo de rectificado de cilindro presenta un dispositivo de limpieza que está configurado para limpiar la zona de medición detectada por el dispositivo de medición antes de llevarse a cabo la medición. En una forma de realización correspondiente del procedimiento, la zona de la superficie del cilindro detectada durante la medición se limpia antes de la medición. Durante el rectificado, se aplica normalmente una emulsión de rectificado al cilindro, que cubre la superficie del mismo. Además, pueden contaminar la superficie del cilindro otros contaminantes, como por ejemplo partículas del material del cilindro o del cuerpo abrasivo que se han removido durante el rectificado. La emulsión de rectificado o los otros contaminantes pueden dificultar o alterar la medición en la superficie del cilindro, en particular en el caso de procedimientos de medición ópticos, puesto que la luz irradiada en estos procedimientos sobre la superficie del cilindro es absorbida o dispersada de forma difusa por la emulsión de rectificado o los contaminantes.

Mediante una limpieza de la superficie detectada en la medición antes de la medición, puede facilitarse la medición y reducirse los errores de medición. Mediante la limpieza se consigue preferentemente que la superficie tenga propiedades ópticas respectivamente constantes antes de la medición, que en particular no varíen de una medición a otra. Preferentemente, para este fin se consigue una superficie de cilindro esencialmente libre de residuos o una superficie de cilindro que está cubierta con una película delgada uniforme, como por ejemplo una película delgada de lubricante refrigerante o una película de aceite de laminación. Para la limpieza puede rasparse la superficie del cilindro en la zona a medir, por ejemplo con un rascador previsto para ello. El rascador puede estar hecho, por ejemplo, de plástico o goma, preferentemente con una dureza en el intervalo de 55 a 90 Shore C (según DIN EN ISO 868), para no dañar la superficie del cilindro. Para mejorar el resultado de limpieza, el rascador se inclina preferentemente en un ángulo en el intervalo de 15° y 45° en el sentido de giro del cilindro, de modo que la superficie del cilindro se mueve por la rotación del cilindro hacia un ángulo agudo del rascador. Por el ángulo anteriormente indicado se entiende el ángulo entre la normal a la superficie del cilindro y el plano del rascador en un punto de contacto del rascador con la superficie del cilindro. Por lo tanto, un rascador dispuesta perpendicularmente con respecto a la superficie del cilindro tendría un ángulo de 0°. Alternativamente, la emulsión de rectificado o los contaminantes también pueden eliminar soplando o aspirando, en particular mediante una herramienta de soplado o aspiración prevista para este fin. Adicionalmente o en lugar de una inclinación del rascador, el borde lateral del rascador orientado hacia la superficie del cilindro también puede estar achaflanado con un ángulo correspondiente. En este caso, el rascador también puede estar orientado perpendicularmente con respecto a la superficie del cilindro.

En otra forma de realización del procedimiento, uno o varios de los siguientes parámetros de funcionamiento se controlan en función de al menos una magnitud de medición: velocidad del cilindro, velocidad del cuerpo abrasivo, sentido de giro del cilindro y/o del cuerpo abrasivo, velocidad de avance axial, regulación de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro o flujo volumétrico de una emulsión de rectificado usada.

En una forma de realización del procedimiento, se regula una magnitud de control para la formación del dibujos en la superficie del cilindro, en particular para la desviación local de la rugosidad $\Delta A_q(c, z)$, preferentemente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la potencia del accionamiento para el cuerpo abrasivo, en particular la corriente de rectificado $I(c, z)$ o el cambio de la corriente de rectificado $\Delta I(c, z)$, la presión de un cuerpo abrasivo de la herramienta abrasiva sobre el cilindro, la posición relativa de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro, preferentemente la aproximación de la herramienta abrasiva, en particular la posición a_u y/o a_e de un accionamiento para el ajuste fino de la regulación de la herramienta abrasiva, y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste. Se ha mostrado que estas magnitudes de ajuste son muy adecuadas para contrarrestar la formación de dibujos en la superficie del cilindro.

En una forma de realización, se regula una magnitud de control para la rugosidad del cilindro en la dirección axial, en particular $A_q(z)$, y eso preferentemente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la posición relativa de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro, preferentemente la aproximación de la herramienta abrasiva, en particular la posición a_u y/o a_e de un accionamiento para el ajuste fino de la regulación de la herramienta abrasiva, la velocidad periférica v_w del cilindro, la velocidad de avance v_{fa} del cilindro o de la herramienta abrasiva en dirección axial, la velocidad periférica v_c de un cuerpo abrasivo de la herramienta abrasiva y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste. Se ha mostrado que estas magnitudes de ajuste son muy adecuadas para conseguir una rugosidad uniforme en la dirección axial del cilindro. Además, para el ajuste de $A_q(z)$ también es concebible un cambio de la velocidad de avance axial v_{fa} .

En una forma de realización, se regula una magnitud de control para la rugosidad media del cilindro, en particular \bar{A}_q , y preferentemente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la posición relativa de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro, preferentemente la aproximación de la herramienta abrasiva, en particular la posición a_u y/o a_e de un accionamiento para el ajuste grueso o el ajuste fino de la regulación de la herramienta abrasiva, la velocidad periférica v_w del cilindro, la velocidad de avance v_{fa} del cilindro o de la herramienta abrasiva en dirección axial, la velocidad periférica v_c de un cuerpo abrasivo de la herramienta abrasiva y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste. Se ha mostrado que estas magnitudes de ajuste son muy adecuadas para conseguir una rugosidad objetivo media deseada de la superficie del cilindro.

En lugar de las magnitudes controladas anteriormente mencionadas para el valor de rugosidad A_q , es decir, $\Delta A_q(c, z)$, $A_q(z)$, \bar{A}_q etc., en principio también pueden usarse las magnitudes controladas correspondientes para el valor de rugosidad A_{qm} , es decir $\Delta A_{qm}(c, z)$, $A_{qm}(z)$, \bar{A}_{qm} etc. Así, en particular en caso de una alta frecuencia de medición de los valores de rugosidad A_q , es posible realizar una promediación de una serie de valores de rugosidad antes de

usarlos para el control.

En otra forma de realización del procedimiento, durante el rectificado se mide al menos un valor de medición de una magnitud de medición relacionada con el estado vibratorio del cilindro y/o del dispositivo de rectificado de cilindro y se ajusta al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro en función de esta magnitud de medición. Se ha detectado que en función de los parámetros de funcionamiento del proceso de rectificado, como por ejemplo la velocidad del cilindro o la velocidad del cuerpo abrasivo, pueden excitarse las frecuencias naturales del cilindro o del dispositivo de rectificado de cilindro, de modo que pueden producirse vibraciones excesivas del cilindro o del dispositivo de rectificado de cilindro. Debido a ello puede producirse durante el rectificado la formación de dibujos en la superficie del cilindro y, por lo tanto, un deterioro de la calidad de la superficie del cilindro. Gracias a la detección del estado vibratorio del cilindro o del dispositivo de rectificado de cilindro y la regulación correspondiente de los parámetros de funcionamiento, por ejemplo mediante un cambio de la velocidad del cilindro y/o de la velocidad del cuerpo abrasivo, pueden reducirse en general las vibraciones y, por lo tanto, el riesgo de una formación de dibujos.

Para la determinación del estado vibratorio del cilindro y/o del dispositivo de rectificado de cilindro o de partes de ellos pueden usarse por ejemplo sensores de aceleración en diferentes direcciones espaciales. En particular, pueden medirse los estados vibratorios de los siguientes componentes de un dispositivo de rectificado de cilindro: el estado vibratorio del alojamiento del husillo, es decir, el árbol en el que está alojado el cuerpo abrasivo, como por ejemplo una muela abrasiva en la herramienta abrasiva, el estado vibratorio del cabezal giratorio, es decir, de la parte de la herramienta abrasiva que es móvil con respecto al cilindro y en la que está alojado el cuerpo abrasivo, el estado vibratorio del accionamiento del cuerpo abrasivo y/o el estado vibratorio de una luneta, es decir, un componente previsto para el alojamiento de un gorrón de cilindro del cilindro. Para la determinación del estado vibratorio del alojamiento del husillo pueden disponerse sensores de aceleración, por ejemplo en el interior o exterior del husillo. De manera complementaria a esto, también pueden incluirse los datos de una unidad de equilibrado de cuerpos abrasivos integrada en la herramienta abrasiva directamente en el análisis del estado vibratorio.

En otra forma de realización del dispositivo de rectificado de cilindro, este presenta un sensor de temperatura que está configurado para determinar una temperatura de al menos uno de los dos cojinetes (temperatura del cojinete), y el equipo de control está configurado para ajustar al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro en función de la temperatura del cojinete. En una forma de realización correspondiente del procedimiento, el cilindro está alojado de manera giratoria en al menos un cojinete del dispositivo de rectificado de cilindro, se mide durante el rectificado al menos un valor de medición de la temperatura del cojinete y se ajusta al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro en función de la temperatura del cojinete.

Al girar el cilindro durante el proceso de rectificado, el cojinete puede calentarse debido a la fricción, aunque los gorriones del cilindro en el cojinete de un dispositivo de rectificado de cilindro normalmente están alojados en un lubricante, como por ejemplo aceite lubricante o grasa. Se ha descubierto que este calentamiento que depende de la velocidad del cilindro conduce a expansiones térmicas del cojinete, del lubricante o del cilindro, lo que puede influir en la posición del cilindro con respecto a la herramienta abrasiva y, por lo tanto, en el efecto abrasivo de la herramienta abrasiva en la superficie del cilindro. Esto puede conducir a una calidad de la superficie irregular y/o degradada. Gracias a la detectarse y tenerse en cuenta la temperatura del cojinete en el ajuste de los parámetros de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro, estos efectos pueden compensarse y, gracias a ello puede mejorarse la calidad de la superficie del cilindro. Además de los cojinetes clásicos con lubricante, también existen dispositivos para rectificar cilindros con llamados sistemas de lubricación y refrigeración de cantidad mínima (lubricación por neblina de aceite) para los cojinetes de los cilindros. También en estos cojinetes se controla preferentemente la temperatura. Una regulación puede realizarse en los cojinetes mediante la cantidad de lubricante, la sincronización de la válvula, el tiempo de apertura de la válvula y/o el volumen de aire.

En otra forma de realización del procedimiento, el rectificado del cilindro se realiza en varias pasadas de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro.

Por una pasada de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro se entiende una etapa del procedimiento en la que esencialmente toda la superficie del cilindro es mecanizada por la herramienta abrasiva. Si el cilindro gira, por ejemplo, durante el rectificado, la herramienta abrasiva puede mecanizar una zona de la superficie del cilindro a lo largo de toda la circunferencia del cilindro. Si, además, la herramienta para el cilindro se mueve con respecto al cilindro en la dirección axial a lo largo de toda la extensión axial de la tabla del cilindro, la herramienta abrasiva puede mecanizar gradualmente toda la superficie de cilindro del cilindro. Con una configuración de movimiento típica de este tipo, por pasada de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro se entiende el recorrido axial completo por toda la extensión axial de la tabla del cilindro.

Normalmente, el cilindro se rectifica en varias pasadas de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro. Los parámetros de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro o sus rangos de trabajo o variación admisibles pueden estar predeterminados individualmente para las pasadas individuales o para grupos de pasadas. Es concebible, por ejemplo, que estén ajustados parámetros de funcionamiento para un primer grupo de pasadas, para cumplir principalmente especificaciones con respecto a la geometría del cilindro, es decir, en particular con respecto al contorno de la tabla y/o el diámetro del cilindro (rectificado previo), y que estén ajustados parámetros de

funcionamiento para un segundo grupo de pasadas, para cumplir principalmente especificaciones con respecto a la calidad de la superficie (rectificado de acabado).

Según otra forma de realización del procedimiento, el cilindro se rectifica en varias pasadas de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro y el número total de pasadas se ajusta durante el rectificado en función de la al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro. Se ha descubierto que puede variar el número de pasadas necesarias para conseguir la calidad de la superficie deseada del cilindro en función de la naturaleza de la herramienta abrasiva y del cilindro. Por ejemplo, un primer cilindro puede requerir un mayor número de pasadas para lograr una calidad de superficie determinada que un segundo cilindro.

Con la forma de realización anteriormente descrita, el número de pasadas necesarias puede determinarse dinámicamente durante el procedimiento mediante la detección de la calidad de la superficie del cilindro y ajustarse correspondientemente. Gracias a ello pueden evitarse, por ejemplo, pasadas superfluas y minimizarse de este modo el número de pasadas. De esta manera, puede reducirse la abrasión de los cilindros durante el rectificado, de modo que aumenta la vida útil de los cilindros, en particular el número de posibles procesos de rectificado en el cilindro.

En otra forma de realización del procedimiento, el cilindro se rectifica con ayuda de un programa de rectificado predeterminado con varias etapas de rectificado sucesivas, comprendiendo cada etapa de rectificado al menos una pasada de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro con parámetros de funcionamiento asociados, determinándose durante el rectificado un valor característico de la superficie en función de la al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro, y realizándose en función del valor característico de la superficie dentro del programa de rectificado un salto a una etapa de rectificado anterior o posterior. El valor característico de la superficie puede ser un valor que se calcula a partir de una o varias magnitudes de medición relacionadas con la calidad de la superficie del cilindro.

En otra forma de realización del procedimiento, el cilindro se rectifica en función del cambio en una magnitud de medición o magnitud de control relacionada con la rugosidad de la superficie del cilindro en la etapa de rectificado anterior o en las etapas de rectificado anteriores. De esta manera, también puede tenerse en cuenta la evolución de la rugosidad antes de la etapa de rectificado actual. Esto es ventajoso, puesto que según la propiedad del cilindro puede presentarse un comportamiento de alisado diferente de la superficie del cilindro. Gracias a tenerse en cuenta el cambio en una magnitud de medición o magnitud de control relacionada con la rugosidad de la superficie del cilindro en la etapa de rectificado anterior o en las etapas de rectificado anteriores, puede realizarse en particular una extrapolación del valor A_q medio a esperar por la evolución anterior de la superficie.

Un programa de rectificado comprende normalmente diferentes etapas de rectificado, como por ejemplo el rectificado previo y el rectificado de acabado. El rectificado previo o el rectificado de acabado pueden comprender respectivamente también una pluralidad de etapas de rectificado. Durante las pasadas individuales de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro, los parámetros de funcionamiento están ajustados preferentemente en función de la respectiva etapa de rectificado o de la respectiva pasada de tal manera que con la etapa de rectificado se consiguen propiedades determinadas del cilindro, como por ejemplo una geometría de cilindro determinada durante el rectificado previo y una calidad de superficie determinada durante el rectificado de acabado.

Durante el rectificado, pueden producirse formaciones de dibujos o desviaciones de la calidad de superficie deseada del cilindro debido a perturbaciones, por ejemplo vibraciones. En particular, por ejemplo por un cuerpo abrasivo defectuoso, pueden aparecer defectos singulares en la superficie del cilindro, que eventualmente ya no pueden corregirse dentro del resto del programa de rectificado. Con la forma de realización anteriormente descrita del procedimiento, los defectos de este tipo pueden detectarse dinámicamente durante el rectificado, de modo que puede realizarse por ejemplo automáticamente un salto hacia atrás a una etapa de rectificado anterior dentro del programa de rectificado, que permite corregir el defecto dentro del programa de rectificado restante.

Con las formas de realización anteriormente descritas, el proceso de rectificado puede regularse con respecto a los requisitos de la calidad de la superficie, y preferentemente teniéndose en cuenta las influencias del dispositivo de rectificado de cilindro, en particular de la herramienta abrasiva, del cilindro y/o de los materiales adicionales para la producción y los lubricantes usados en el proceso de rectificado. En particular, es posible una regulación del procedimiento más independiente o independiente de las influencias individuales en función del operador.

Para la determinación del valor característico de la superficie pueden usarse en particular las siguientes magnitudes de medición, que son adecuadas para indicar un defecto que ya no puede corregirse en el programa de rectificado restante: una o varias amplitudes de vibración del cilindro, del dispositivo de rectificado de cilindro o de una parte del mismo, la desviación estándar local de A_{qm} , una magnitud de medición relacionada con la formación de dibujos en la superficie del cilindro. Preferentemente, se realiza un salto a una etapa de rectificado anterior si

- a) una o varias amplitudes de vibración rebasan uno o varios valores límite predeterminados,
- b) la desviación estándar local del valor A_{qm} rebasa un valor límite predeterminado y/o
- c) una magnitud de medición relacionada con la formación de dibujos en la superficie del cilindro indica la presencia de un dibujo, en particular de un dibujo de avance en la superficie del cilindro, aunque ya se haya alcanzado la

rugosidad objetivo de la superficie del cilindro, en particular si no está prevista ya ninguna pasada.

La etapa de rectificado a la que debe saltarse se selecciona preferentemente en función del tipo de un dibujo detectado en la superficie del cilindro. En caso de un dibujo de avance, puede saltarse por ejemplo a una primera etapa de rectificado de un rectificado de acabado. Por dibujo de avance se entiende un dibujo en espiral en la superficie del cilindro, que es causado por la trayectoria en espiral del cuerpo abrasivo en la superficie del cilindro durante el avance axial de la herramienta abrasiva o del cilindro.

En caso de llegar a ser demasiado grandes las vibraciones del cilindro o del dispositivo de rectificado de cilindro, también puede ser necesaria una intervención manual por parte del personal de servicio.

En otra forma de realización del procedimiento, el cilindro se rectifica en varias pasadas de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro y al menos un parámetro de funcionamiento de una pasada se ajusta en función de al menos un valor de medición medido durante una pasada anterior. Gracias a la detección de un valor de medición durante una pasada puede determinarse la medida en la que la calidad de la superficie alcanzada en esta pasada se aleja de la especificación objetivo de la calidad de la superficie. De esta manera, pueden controlarse correspondientemente una o varias pasadas posteriores. De esta manera es posible una adaptación dinámica de las pasadas posteriores a la desviación real de la calidad de la superficie de la especificación objetivo.

En otra forma de realización, el cilindro se rectifica en varias pasadas de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro y durante una pasada se varía dentro de unos límites predeterminados al menos un parámetro de funcionamiento, preferentemente uno de los parámetros de funcionamiento velocidad del cilindro, velocidad del cuerpo abrasivo, sentido de giro del cilindro y/o del cuerpo abrasivo, velocidad de avance axial, regulación de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro y/o flujo volumétrico de una emulsión de rectificado usada.

En procedimientos anteriores para el rectificado de cilindros, se ha intentado mantener los parámetros de funcionamiento individuales lo más constantes posible durante una pasada, para evitar la formación de dibujos en la superficie del cilindro. No obstante, se ha descubierto que esto solo puede conseguirse hasta cierto punto, de modo que las fluctuaciones restantes a pesar de ello pueden dar lugar a dibujos en la superficie del cilindro. Con la forma de realización anteriormente descrita se persigue ahora un enfoque completamente diferente, realizándose variaciones selectivas de al menos un parámetro de funcionamiento dentro de unos límites predeterminados. Se ha descubierto que gracias a estas variaciones pueden reducirse o incluso evitarse dibujos regulares, que son causados, por ejemplo, por variaciones involuntarias de los parámetros de funcionamiento o vibraciones del cilindro o del dispositivo de rectificado de cilindro. La variación del al menos un parámetro de funcionamiento se realiza dentro de unos límites predeterminados, puesto que un proceso de rectificado fuera de estos límites podría causar daños en la superficie del cilindro o al menos un deterioro en la calidad de la superficie del cilindro.

Los límites predeterminados para la variación del al menos un parámetro de funcionamiento se ajustan preferentemente en función de la pasada. Por ejemplo, pueden usarse límites que están más separados durante el rectificado previo que durante el rectificado de acabado.

La variación del al menos un parámetro de funcionamiento realizarse de forma regular, por ejemplo de forma sinusoidal, o también de forma irregular. Preferentemente, la variación del al menos un parámetro de funcionamiento se realiza de una manera continuamente diferenciable. Además, la amplitud y/o frecuencias de las variaciones y/o su forma y/o frecuencia se determinan preferentemente en función de los valores de medición medidos de la magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie.

En una forma de realización del procedimiento, se regula una magnitud de control para el estado vibratorio del dispositivo de rectificado de cilindro, en particular el espectro de vibración F_m , y preferentemente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la frecuencia y/o la amplitud de una variación en uno o varios parámetros de funcionamiento, en particular la frecuencia f_{vw} y/o la amplitud A_{vw} de una variación de la velocidad periférica v_w del cilindro y/o la frecuencia f_{vc} y/o la amplitud A_{vc} de una variación de la velocidad periférica v_c de un cuerpo abrasivo de la herramienta abrasiva, y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste. Se ha mostrado que estas magnitudes de ajuste son muy adecuadas para regular el estado vibratorio del dispositivo de rectificado de cilindro de tal manera que pueden suprimirse las vibraciones no deseadas.

No obstante, la variación del al menos un parámetro de funcionamiento también puede ajustarse independientemente de los valores de medición. Correspondientemente, el objetivo anteriormente descrito también se consigue al menos parcialmente de acuerdo con la invención mediante un procedimiento para rectificar un cilindro, en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, mediante un dispositivo de rectificado de cilindro, en el que un cilindro se rectifica con una herramienta abrasiva del dispositivo de rectificado de cilindro, en el que el cilindro se rectifica en varias pasadas de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro y en el que durante una pasada se varía dentro de unos límites predeterminados al menos un parámetro de funcionamiento, preferentemente uno de los parámetros de funcionamiento velocidad del cilindro, velocidad del cuerpo abrasivo, sentido de giro del cilindro y/o del cuerpo abrasivo, velocidad de avance axial, regulación del herramienta abrasiva con respecto al cilindro y/o flujo volumétrico de una emulsión de rectificado usada. Asimismo, el objetivo también se consigue al menos parcialmente

de acuerdo con la invención mediante un dispositivo de rectificado de cilindro para rectificar un cilindro, en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, por ejemplo para laminadores en frío de aluminio, con un soporte de cilindros que comprende dos cojinetes que están configurados para alojar el cilindro de manera giratoria, con un accionamiento que está configurado para accionar de manera giratoria el cilindro con una velocidad ajustable del cilindro, y con una herramienta abrasiva que está configurada para alojar y accionar de manera giratoria un cuerpo abrasivo con una velocidad ajustable del cuerpo abrasivo, así como para la regulación del cuerpo abrasivo con respecto al cilindro, comprendiendo el dispositivo de rectificado de cilindro un equipo de control configurado para controlar el dispositivo, estando configurado el equipo de control para variar dentro de unos límites predeterminados al menos un parámetro de funcionamiento como velocidad del cilindro, velocidad del cuerpo abrasivo, velocidad de avance axial, regulación de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro y/o flujo volumétrico de una emulsión de rectificado usada. La variación del al menos un parámetro de funcionamiento es en particular independiente de una regulación del proceso de rectificado mediante una magnitud de control.

En particular, el dispositivo de rectificado de cilindro también puede presentar una pluralidad de dispositivos de medición o sistemas de medición con los que pueden medirse magnitudes de medición relacionadas con la calidad de la superficie del cilindro, en particular con respecto a la rugosidad y/o la ausencia de dibujos, y/o magnitudes de medición relacionadas con la geometría del cilindro (forma del cilindro). Por ejemplo, pueden estar previstos un primer dispositivo de medición para medir una magnitud de medición para la rugosidad, un segundo dispositivo de medición para medir una magnitud de medición para dibujos en la superficie del cilindro y un tercer dispositivo de medición, por ejemplo un palpador mecánico, para medir una magnitud de medición para la geometría del cilindro. En principio, también puede usarse un palpador mecánico para detectar ondulaciones relacionadas con la vibración en la superficie del cilindro.

Otras características y ventajas de la invención anteriormente descrita pueden desprenderse de la siguiente descripción de ejemplos de realización, en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos.

En los dibujos muestran

- la figura 1 un dispositivo de rectificado de cilindro para rectificar un cilindro y para llevar a cabo un procedimiento para rectificar un cilindro,
- la figura 2 un diagrama esquemático del dispositivo de rectificado de cilindro de la figura 1 en una vista en planta,
- la figura 3 una representación esquemática del dispositivo de rectificado de cilindro de la figura 1 en una vista en corte lateral,
- la figura 4a una representación esquemática de una medición de reflectividad o luz dispersada en una superficie de cilindro,
- la figura 4b un diagrama con una distribución de la intensidad indicada a modo de ejemplo, que depende del ángulo, de la medición de reflectividad o luz dispersada de la figura 4a,
- la figura 5a una representación esquemática de una imagen de una superficie de cilindro captada por una cámara,
- la figura 5b un diagrama con un resultado indicado a modo de ejemplo de una transformada de Fourier de la imagen de la figura 5a,
- la figura 6 una representación en forma de diagrama de un programa de rectificado con varias etapas de rectificado,
- la figura 7 un diagrama con una variación indicada a modo de ejemplo de un parámetro de funcionamiento durante el rectificado y
- la figura 8 un diagrama de regulación esquemático para una posible regulación de una o varias magnitudes controladas que afectan uno o varios parámetros de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro de la figura 1.

Las figuras 1 a 3 muestran un dispositivo de rectificado de cilindro 10 para rectificar un cilindro 20. La figura 1 muestra una vista en perspectiva, la figura 2 una representación esquemática en vista en planta y la figura 3 una vista esquemática en una vista en corte lateral que corresponde al plano de corte III mostrado en la figura 2. Mientras que las representaciones en las figuras 2 y 3 se limitan para mayor claridad a unos componentes determinados, en parte en una representación simplificada, la figura 1 muestra una representación más detallada del dispositivo de rectificado de cilindro 10.

El cilindro 20 puede ser por ejemplo un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo de un laminador en frío de aluminio. Los cilindros de este tipo presentan una tabla de cilindro 22 con la superficie de cilindro 24 y

gornones de cilindro laterales 26, 28, con los que el cilindro 20 puede alojarse de manera giratoria en cojinetes correspondientes de una caja de laminación para el modo de funcionamiento de laminado. La tabla del cilindro 22 presenta normalmente un contorno en forma de tabla que se estrecha ligeramente hacia los lados.

5 El dispositivo de rectificado de cilindro 10 comprende un soporte de cilindros 30 con dos cojinetes 32, 34 que están configurados para alojar el cilindro 20 de manera giratoria. En lugar de un alojamiento del cilindro 20 en los cojinetes 32, 34, el cilindro puede estar alojado en cojinetes configurados como lunetas (35 en la figura 1). Una luneta de este tipo comprende preferentemente un cojinete de rectificado hidráulico para el alojamiento de un gorrón de cilindro. Además, el soporte de cilindros 30 presenta un accionamiento (no representado), que está configurado para el
10 accionamiento giratorio del cilindro 20 con una velocidad ajustable del cilindro (flecha 36). El dispositivo de rectificado de cilindro 10 presenta además una herramienta abrasiva 40, en la que está alojado de manera giratoria un cuerpo abrasivo 42, configurado como muela abrasiva. Además, la herramienta abrasiva 40 presenta también un accionamiento giratorio (no representado) para accionar el cuerpo abrasivo 42 con una velocidad ajustable del cuerpo abrasivo (flecha 44).

15 La regulación de la herramienta abrasiva 40 con respecto al cilindro 20 puede ajustarse mediante un accionamiento (flecha 46) configurado para este fin. El accionamiento puede comprender un accionamiento para el ajuste grueso y para el ajuste fino. Mediante este accionamiento también puede ajustarse en particular la presión con la que el cuerpo abrasivo 42 presiona la superficie del cilindro 24. Además, la herramienta abrasiva 40 puede moverse mediante un
20 accionamiento configurado para este fin (flecha 48) en paralelo a la dirección axial del cilindro 20 a lo largo de toda la anchura de la tabla del cilindro 22.

El cojinete 34 es desplazable en un equipo de traslación 50 en la dirección axial del cilindro 20 (véase la flecha 52) para poder sujetar el cilindro 20 en los cojinetes 32, 34 o para poder adaptar la distancia entre los cojinetes 32, 34 a
25 diferentes longitudes de cilindro.

Durante el proceso de rectificado, el cuerpo abrasivo 42 es accionado por el accionamiento previsto para ello con una velocidad del cuerpo abrasivo 44 y se aproxima con el accionamiento 46 a la superficie de cilindro 24, de modo que el cuerpo abrasivo 42 mecaniza la superficie de cilindro 24 rectificándola. Al mismo tiempo, el cilindro 20 es accionado
30 mediante el accionamiento previsto para ello con la velocidad del cilindro 36, de modo que el cuerpo abrasivo 42 puede actuar en toda la superficie periférica sobre la superficie del cilindro 24. Puesto que la herramienta abrasiva 40 también se desplaza con el accionamiento 48 a lo largo de toda la anchura de la tabla del cilindro 22 en paralelo a la dirección axial del cilindro 20, de esta manera puede mecanizarse toda la superficie de cilindro 24 del cilindro 20 mediante el cuerpo abrasivo 42.

35 El desplazamiento de la herramienta abrasiva 40 que tiene lugar una vez con el cilindro 20 giratorio se denomina una pasada de la herramienta abrasiva 40 sobre la superficie del cilindro 24. Un proceso de rectificado comprende normalmente una pluralidad de dichas pasadas.

40 El dispositivo 10 presenta un conducto de alimentación 60 (representado solo en las figuras 2 y 3) con el que puede aplicarse una emulsión de rectificado 62 en la superficie del cilindro 24 durante el rectificado, para enfriar el cilindro 20 o el cuerpo abrasivo y mejorar el proceso de rectificado.

45 El dispositivo 10 presenta además un dispositivo de medición 70 (representado solo en las figuras 2 y 3), que está configurado para medir valores de medición de una magnitud de medición relacionada con la calidad de superficie del cilindro 20 en una zona de medición 72 en la superficie del cilindro 24. El dispositivo de medición 70 puede ser, por ejemplo, un dispositivo de medición óptico, por ejemplo, un dispositivo de medición para un procedimiento óptico de medición de reflectividad o de medición de luz dispersada. Con un procedimiento de este tipo puede determinarse en particular la rugosidad de la superficie del cilindro. Alternativa o adicionalmente, el dispositivo de medición 70 también
50 puede estar configurado para detectar dibujos en la superficie del cilindro 24. Para este fin, el dispositivo de medición 70 puede presentar por ejemplo un sistema de captación de imágenes, que capta una imagen de la superficie del cilindro 24 en la zona de medición 72, somete los datos de imagen captados a una transformada de Fourier y detecta estructuras periódicamente recurrentes en la superficie del cilindro 24 con ayuda de frecuencias excesivas en el espectro de Fourier.

55 El dispositivo de medición 70 está configurado de tal manera que presenta esencialmente una posición estacionaria con respecto a la herramienta abrasiva 40. Para este fin, el dispositivo de medición 70 puede estar acoplado fijamente con la herramienta abrasiva 40, de modo que el dispositivo de medición 70 se mueva en paralelo a la dirección axial del cilindro 20 cuando se mueve la herramienta abrasiva 40. Alternativamente, también puede estar previsto un accionamiento 73 separado, con el que el dispositivo de medición 70 se mueva correspondientemente en paralelo a
60 la dirección axial del cilindro 20 cuando se mueve la herramienta abrasiva 40.

65 El dispositivo de medición 70 está configurado preferentemente de tal manera que la zona de medición 72 está dispuesta detrás de la zona de rectificado, independientemente de la dirección de rectificado, de modo que una zona de superficie de la superficie del cilindro mecanizada por la herramienta abrasiva 40 llega esencialmente inmediatamente después del rectificado a la zona de medición 72. Para este fin, el dispositivo de medición 70 puede

estar configurado de forma desplazable para poder disponerse a un lado o al otro lado de la herramienta abrasiva 40, en función de la dirección de rectificado. Alternativamente, el dispositivo de medición 70 también puede presentar dos sistemas de detección, de los que uno está dispuesto en un lado y el otro en el otro lado de la herramienta abrasiva 40.

5 Para mejorar las mediciones mediante el dispositivo de medición 70, el dispositivo de rectificado de cilindro también presenta un rascador 74 (representado solo en las figuras 2 y 3), con el que puede eliminarse la emulsión de rectificado 62 alimentada desde el conducto de alimentación 60 al cilindro 20 y dado el caso también otros contaminantes de la parte de la superficie del cilindro 24 que se mueve a la zona de medición 72, pudiendo limpiarse por lo tanto esta zona. De esta manera, las mediciones realizadas con el dispositivo de medición 70 no se ven perturbadas por absorción o dispersión difusa relacionadas con la emulsión de rectificado, o al menos en menor medida. El rascador 74 puede estar dispuesto en paralelo al eje axial del cilindro 20 o (como en la figura 2) también en un ángulo con respecto al mismo. Además, para mejorar el resultado de la limpieza, el rascador 74 puede estar inclinado en un ángulo en el intervalo de 15° y 45° en el sentido de giro del cilindro. Por lo tanto, el plano del rascador quedaría inclinado en un ángulo entre 15° y 45° con respecto a un plano perpendicular con respecto a la superficie del cilindro 24 en el sentido de giro, de modo que una zona de la superficie del cilindro 24 que se mueve hacia el rascador 74 por el sentido de giro del cilindro 20 indicado en la figura 3 (flecha 36) conduciría a un ángulo agudo del rascador 74 (análogo a un ángulo de arranque de virutas positivo en el caso de una herramienta de arranque de virutas).

20 El dispositivo de rectificado de cilindro 10 presenta además un equipo de control 80 (representado solo en la figura 2) que está configurado para controlar el dispositivo de rectificado de cilindro 10. En particular, el equipo de control 80 está configurado para inducir la medición de al menos un valor de medición con el dispositivo de medición 70 durante el rectificado, es decir, mientras la superficie del cilindro 24 está siendo mecanizada por el cuerpo abrasivo 42. De esta manera, la calidad de la superficie del cilindro 20 puede examinarse durante el proceso de rectificado en curso.

25 Además, el equipo de control 80 está configurado para ajustar al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro 10, en particular la velocidad del cilindro 36, la velocidad del cuerpo abrasivo 44 y/o la regulación de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro en función de la magnitud de medición medida, es decir, en función de uno o varios valores de medición correspondientes, medidos durante el rectificado. De esta manera, el proceso de rectificado puede regularse automáticamente durante el funcionamiento mediante la calidad de la superficie del cilindro 20 determinada en línea, de modo que con este procedimiento pueden conseguirse en general calidades de la superficie del cilindro mejores o que pueden ajustarse de forma fiable.

30 El dispositivo 10 puede presentar además tener un sensor de temperatura 90 (representado solo en la figura 2) con el que puede medirse por ejemplo la temperatura del cojinete 32. El equipo de control 80 está configurado preferentemente para ajustarse los parámetros de funcionamiento del proceso de rectificado también en función de esta temperatura del cojinete.

35 Las figuras 4a-b ilustran una medición de reflectividad o de luz dispersada en la superficie del cilindro 24 para medir un valor de medición de una magnitud de medición relacionada con la rugosidad de superficie de la superficie del cilindro, en particular A_q , A_{sk} y/o A_{qm} .

40 La figura 4a muestra en primer lugar el dispositivo de medición 70, que está configurado en este caso para una medición de reflectividad o de luz dispersada, que presenta una fuente de luz 76 para irradiar un rayo de luz (flecha izquierda) en la superficie del cilindro 24 en la zona de medición 72 y un sensor de luz 78 para la detección en función del ángulo de dispersión de los rayos de luz reflejados o dispersados por la superficie del cilindro 24 (flechas derechas). Un dispositivo de medición 70 de este tipo puede usarse en particular medir la rugosidad de la superficie según el procedimiento de triangulación láser. Alternativamente, la fuente de luz 76 del dispositivo de medición 70 también puede estar dispuesta en el centro e irradiar un rayo de luz perpendicularmente en la superficie del cilindro. El sensor de luz 78 puede estar dispuesto en este caso por ejemplo de forma anular alrededor de la fuente de luz 76, para medir la intensidad de la luz dispersada por la superficie del cilindro 24 en función del ángulo, es decir, en función del ángulo de dispersión α entre la normal a la superficie del cilindro y la dirección del rayo de luz dispersado. El dispositivo de medición 70 o el sensor de luz 78 también puede ser un detector de línea.

45 La figura 4b muestra la intensidad luminosa $I(\alpha)$ detectada por un sensor de luz 78 dispuesto de forma anular de este tipo en función del ángulo de dispersión α . Cuanto mayor sea la rugosidad de la superficie del cilindro 24, tanto más difusamente la luz es dispersada por la superficie del cilindro. Por lo tanto, cuanto mayor sea la rugosidad de la superficie del cilindro 24, tanto mayor será la varianza de la distribución de la intensidad. Según la directiva VDA 2009 "Técnica de medición de luz dispersada con resolución angular", las magnitudes de medición anteriormente mencionadas pueden determinarse ahora a partir de la distribución de la intensidad en función del ángulo $I(\alpha)$, por ejemplo, a partir de la relación entre la intensidad máxima y la varianza de la distribución de la intensidad. La magnitud de medición A_q corresponde en el presente caso, por ejemplo, a la varianza al cuadrado de la distribución de la intensidad $I(\alpha)$. La magnitud de medición A_{qm} corresponde a un promedio de un número definido de valores individuales para A_q .

65 Las figuras 5a-b ilustran un procedimiento para detectar dibujos en la superficie del cilindro 24. Para este fin, el

dispositivo de medición 70 puede presentar un aparato de captación de imágenes con el que pueden captarse imágenes de recortes de la superficie del cilindro 24 en una zona de medición 72. La figura 5a muestra a modo de ejemplo una imagen de este tipo de un recorte de la superficie del cilindro 24, representando z y x las coordenadas de la imagen (líneas y columnas). Los datos de la imagen comprenden un valor de intensidad I(x,z) para cada coordenada (x,z).

Como puede verse en la figura 5a, la superficie del cilindro 24 presenta un dibujo 100 periódicamente recurrente. La presencia de un dibujo 100 de este tipo puede determinarse automáticamente, por ejemplo, mediante una transformada de Fourier de los datos de imagen de la imagen de la figura 5a.

La figura 5b muestra a modo de ejemplo un resultado de una función de evaluación F(q_x), que comprende una transformada de Fourier de los datos de imagen de la figura 5a y que en la figura 5b está dibujada con respecto a la variable de Fourier q_x de las columnas de la imagen. A continuación, se indica un ejemplo de una función de evaluación F(q_x) para determinar dibujos recurrentes en la dirección del eje x de la imagen de la figura 5a:

$$F(q_x) \propto \sum_{z=1}^{z_{\text{máx}}} \left| \sum_{x=1}^{x_{\text{máx}}} e^{-2\pi i \frac{I(x,y)q_x}{x_{\text{máx}}}} \right|^2 .$$

El dibujo 100 periódicamente recurrente puede verse en el diagrama como un máximo claramente pronunciado y puede determinarse de esta manera automáticamente.

La figura 6 muestra una representación en forma de diagrama de un programa de rectificado 110 a modo de ejemplo con varias etapas de rectificado 1 a 10 sucesivas, comprendiendo cada una de las etapas de rectificado respectivamente dos pasadas de la herramienta abrasiva 40 sobre la superficie del cilindro 24, concretamente moviéndose la herramienta abrasiva 40 de un extremo de la tabla del cilindro al otro extremo (primera pasada) y de vuelta (segunda pasada).

Las etapas de rectificado 1 a 10 del programa de rectificado 110 se agrupan en dos secciones relativamente grandes, concretamente en una primera sección 112 con las etapas de rectificado 1 a 5 para el rectificado previo del cilindro 20, en el que se ajusta la geometría del cilindro, y una segunda sección 114 con las etapas de rectificado 6 a 10 para el rectificado de acabado del cilindro, en la que se ajusta la calidad de superficie deseada del cilindro.

Durante las etapas de rectificado 1 a 10 individuales, se realiza preferentemente de manera continua una medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie. El equipo de control 80 puede ajustar en este caso los parámetros de funcionamiento de la etapa de rectificado en curso o de las etapas de rectificado posteriores del programa de rectificado 110 en función de los valores de medición determinados.

Si durante el programa de rectificado 110 en curso se detecta en una etapa de rectificado, por ejemplo, en la etapa de rectificado 8, un defecto en la superficie del cilindro que ya no puede corregirse con las siguientes etapas de rectificado 9 y 10, el equipo de control 80 realiza preferentemente automáticamente un salto hacia atrás a una etapa de rectificado anterior, por ejemplo, a la etapa de rectificado 3, para poder corregir este defecto en el transcurso de las etapas de rectificado 4 a 10 que siguen ahora.

La figura 7 muestra un diagrama con una variación a modo de ejemplo de un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro durante el rectificado. En el diagrama se indica para ello la velocidad del cilindro W para una pasada de la herramienta abrasiva 40 sobre la superficie del cilindro 24 con respecto a la posición axial z de la herramienta abrasiva 40 con respecto a la tabla del cilindro 22. Como puede verse en el diagrama, la velocidad del cilindro W varía dentro de un corredor entre un límite superior predeterminado 122 y un límite inferior predeterminado 124 para la velocidad del cilindro. Como está representado en la figura 7, la variación del parámetro de funcionamiento puede realizarse de manera regular, pero también de manera irregular. Se ha descubierto que mediante una variación de este tipo de un parámetro de funcionamiento durante una pasada de la herramienta abrasiva 40 sobre la superficie del cilindro 24, puede evitarse la formación de dibujos en la superficie del cilindro.

La figura 8 muestra un diagrama de regulación esquemático para una posible regulación de una o varias magnitudes controladas mediante uno o varios parámetros de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro 10 de la figura 1 durante el rectificado, es decir, durante el proceso de rectificado en curso.

En el diagrama de regulación, el proceso de rectificado representa el sistema controlado. Durante el proceso de rectificado, pueden actuar diferentes magnitudes perturbadoras sobre el proceso de rectificado, como por ejemplo fluctuaciones de temperatura, irregularidades del cilindro 20 a rectificar o del cuerpo abrasivo 42, vibraciones externas y otras influencias, que pueden conducir a desviaciones de la calidad de superficie deseada, en particular la rugosidad deseada o la ausencia de dibujos deseada. Las influencias perturbadoras de este tipo pueden compensarse con la

regulación en línea del dispositivo de rectificado de cilindro 10, de modo que puede conseguirse finalmente un mejor resultado de rectificado.

5 Para este fin, durante el rectificado se determinan una o varias magnitudes de medición relacionadas con la calidad de la superficie del cilindro y se usan como magnitudes controladas para la regulación. En la figura 8, se indican como posibles magnitudes controladas la desviación local de la rugosidad $\Delta A_q(c,z)$, el valor local de la rugosidad en la dirección axial $A_q(z)$, y el valor medio de la rugosidad \bar{A}_q y el espectro de vibración del dispositivo de rectificado de cilindro F_m .

10 Por desviación local de la rugosidad $\Delta A_q(c,z)$ se entiende la desviación del valor local de la rugosidad A_q en un punto determinado por la posición z en la dirección axial y por la posición c en la dirección circunferencial del cilindro de un valor medio de la rugosidad \bar{A}_q . Por ejemplo, $\Delta A_q(c, z)$ puede determinarse mediante la fórmula $\Delta A_q(c, z) = A_q(c, z) - A_q$, siendo $A_q(c, z)$ el valor local de la rugosidad determinado mediante medición de la luz dispersada en una zona de medición 72 en la posición axial z y la posición circunferencial c del cilindro 20 y \bar{A}_q un valor medio de la rugosidad calculado mediante promediación de varias zonas de medición.

15 Por valor local de la rugosidad en la dirección axial $A_q(z)$ se entiende el valor de rugosidad A_q de la superficie del cilindro en función de la posición z en la dirección axial. $A_q(z)$ puede determinarse por ejemplo mediante la medición de la luz dispersada en una zona de medición 72 en la posición axial z del cilindro 20. En particular, $A_q(z)$ puede determinarse mediante promediación de valores de rugosidad A_q en la dirección circunferencial, esencialmente en la misma posición z .

20 Por valor medio de la rugosidad \bar{A}_q se entiende un valor medio de los valores de rugosidad \bar{A}_q determinados durante el proceso de rectificado en diferentes puntos de la superficie del cilindro. \bar{A}_q puede determinarse por ejemplo mediante promediación de los valores de rugosidad A_q medidos en diferentes zonas de medición 72 mediante medición de la luz dispersada. Preferentemente, se elige una promediación tal que \bar{A}_q representa un valor medio de rugosidad en esencialmente toda la superficie del cilindro 24.

30 Por el espectro de vibración F_m del dispositivo de rectificado de cilindro se entiende la amplitud dependiente de la frecuencia de las vibraciones del dispositivo de rectificado de cilindro. Cuando el dispositivo de rectificado de cilindro 10 vibra por ejemplo a frecuencias determinadas, el espectro de vibración F_m presenta respectivamente un máximo a estas frecuencias. El espectro de vibración F_m puede determinarse en particular mediante un sensor de aceleración previsto en el dispositivo de rectificado de cilindro 10. El espectro de vibración puede calcularse por ejemplo en un intervalo de tiempo determinado mediante una transformada de Fourier de una serie de momentos $a(t)$ de la aceleración medida mediante el sensor de aceleración.

35 En lugar de las magnitudes controladas $\Delta A_q(c,z)$, $A_q(z)$, \bar{A}_q y F_m anteriormente descritas, pueden usarse naturalmente también magnitudes controladas alternativas, que representan la ausencia de dibujos, propiedades de la rugosidad del cilindro 20 o también el estado vibratorio del dispositivo de rectificado de cilindro 10. En particular, pueden usarse magnitudes controladas que están relacionadas con una o varias de las magnitudes controladas $\Delta A_q(c,z)$, $A_q(z)$, \bar{A}_q y F_m o que dependen de ellos. Por ejemplo, en lugar del espectro de vibración F_m también puede usarse como magnitud de control directamente la aceleración $a(t)$ del dispositivo de rectificado de cilindro 10 o una magnitud derivada del espectro de vibración F_m . Para mayor claridad, la regulación se describe a continuación a modo de ejemplo para las magnitudes controladas $\Delta A_q(c,z)$, $A_q(z)$, \bar{A}_q y F_m .

40 La regulación del dispositivo de rectificado de cilindro 10 puede tener lugar simultáneamente con una o varias magnitudes controladas. Para conseguir la ausencia de dibujos puede tener lugar, por ejemplo, una regulación mediante la magnitud de control $\Delta A_q(c,z)$ o mediante otra magnitud de control relacionada con la ausencia de dibujos. Para ajustar una rugosidad uniforme a lo largo de toda la anchura del cilindro, puede realizarse adicionalmente una regulación mediante la magnitud de control $A_q(z)$ o mediante otra magnitud de control relacionada con la rugosidad en la dirección axial. Alternativa o adicionalmente, para ajustar una rugosidad objetivo deseada, puede realizarse una regulación mediante la magnitud de control \bar{A}_q o mediante otra magnitud de control relacionada con la rugosidad media. También alternativa o adicionalmente, para la supresión de vibraciones no deseadas del dispositivo de rectificado de cilindro 10, también puede realizarse una regulación mediante la magnitud de control F_m o mediante otra magnitud de control relacionada con el estado vibratorio del dispositivo de rectificado de cilindro.

50 Los valores registrados durante el rectificado para las magnitudes controladas individuales se retroalimentan y se comparan con los respectivos valores teóricos para las magnitudes controladas ($\Delta A_q^{\text{teórico}}(c, z)$, $A_q^{\text{teórico}}(z)$, $\bar{A}_q^{\text{teórico}}$ y $F_m^{\text{teórico}}$), es decir, se determina una desviación de la respectiva magnitud de control del valor teórico, en particular mediante el cálculo de la diferencia como por ejemplo $\bar{A}_q - \bar{A}_q^{\text{teórico}}$. Los valores teóricos para las magnitudes controladas individuales también se denominan magnitudes piloto.

65 Preferentemente se minimiza la desviación local de la rugosidad para conseguir una rugosidad uniforme y, en particular, una ausencia de dibujos. Por lo tanto $\Delta A_q^{\text{teórico}}(c, z)$ es preferentemente bajo, en particular cero, para todas las posiciones c y z . El valor local de la rugosidad en la dirección axial es preferentemente lo más constante posible y corresponde a la rugosidad objetivo. Por lo tanto, $A_q^{\text{teórico}}(z)$ es preferentemente constante para todas las posiciones z

y en particular igual a la rugosidad objetivo. El valor medio de rugosidad debería corresponder preferentemente al valor de rugosidad objetivo, de modo que $\bar{A}_q^{\text{teórico}}$ corresponde preferentemente a la rugosidad objetivo. El espectro de vibración preferentemente no muestra máximos fuertes que puedan conducir a la formación de dibujos, de modo que como $F_m^{\text{teórico}}$ preferentemente se elige un espectro con amplitud constante o incluso amplitud cero.

5 Al rectificar el cilindro 20 con ayuda de un programa de rectificado predeterminado con varias etapas de rectificado sucesivas, los valores teóricos de una o varias magnitudes controladas también pueden ajustarse en función de la respectiva etapa de rectificado. Por ejemplo, el programa de rectificado para el rectificado previo puede comenzar en primer lugar con valores teóricos más elevados $\bar{A}_q^{\text{teórico}}(z)$ y $\bar{A}_q^{\text{teórico}}$, antes de reducirse estos valores teóricos hasta
10 que finalmente hayan alcanzado la rugosidad objetivo en la última etapa de rectificado. En particular, pueden usarse diferentes valores teóricos para el rectificado previo que para el rectificado de acabado.

A partir de las desviaciones de las respectivas magnitudes controladas del valor teórico, el regulador representado en la figura 8 calcula a continuación valores para uno o varios parámetros de funcionamiento para cada magnitud de control usada en la regulación, con el fin de contrarrestar la desviación de la respectiva magnitud de control del valor teórico. Dichos parámetros de funcionamiento son, por tanto, las magnitudes de ajuste de la regulación. A continuación, los parámetros de funcionamiento se ajustan de acuerdo con los valores calculados por el regulador y actúan por lo tanto sobre el proceso de rectificado, por lo que queda cerrado el ciclo de regulación.

20 Para la magnitud de control $\Delta A_q(c,z)$ puede usarse como una magnitud de ajuste, en particular el cambio de la corriente de rectificado $\Delta I(c,z)$ en función de la dirección axial z. Por corriente de rectificado $I(c,z)$ se entiende la corriente (por ejemplo, la corriente de inducido) del motor para accionar el cuerpo abrasivo 42. Normalmente, el cambio de corriente de rectificado $\Delta I(c,z)$ no puede controlarse directamente, sino que debe ser a su vez regulado. Una regulación del cambio de corriente de rectificado $\Delta I(c,z)$ puede realizarse en particular mediante la posición a_u del accionamiento para el ajuste fino (el llamado eje u) de la regulación de la herramienta abrasiva 40 con respecto al cilindro 20. Mediante a_u puede ajustarse en particular la presión con la que el cuerpo abrasivo 42 presiona el cilindro 20 y, por lo tanto, el par o la corriente de rectificado que ha de ser generado por el accionamiento del cuerpo abrasivo 42. Alternativamente, también puede usarse directamente a_u como una magnitud de ajuste para la magnitud de control $\Delta A_q(c, z)$.

30 Para la magnitud de control $A_q(z)$ puede usarse como magnitud de ajuste en particular la posición a_u y/o a_e del accionamiento para el ajuste fino de la regulación de la herramienta abrasiva 40 con respecto al cilindro 20.

Para la magnitud de control \bar{A}_q pueden usarse en particular, una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la posición a_e y/o a_u del accionamiento para el ajuste grueso y/o fino de la regulación de la herramienta abrasiva 40 con respecto al cilindro 20, la velocidad periférica v_w del cilindro 20, es decir, la velocidad de la superficie del cilindro 24 por el giro del cilindro 20, la velocidad de avance v_{fa} del cilindro 20 o de la herramienta abrasiva 40 en la dirección axial o la velocidad periférica v_c del cuerpo abrasivo, es decir, la velocidad de la superficie del cuerpo abrasivo por el giro del cuerpo abrasivo 42. Además, para la magnitud de control \bar{A}_q también puede usarse la magnitud de ajuste de la velocidad relativa entre la herramienta abrasiva 40 y la superficie del cilindro 24. Esta depende de v_w y de v_{fa} .
40 Alternativamente, también puede tenerse en cuenta el valor de v_w al calcular el valor de v_{fa} o viceversa.

El espectro de vibración del dispositivo de rectificado de cilindro 10 puede verse influenciado en particular porque al menos un parámetro de funcionamiento, como la velocidad periférica v_w del cilindro o la velocidad del cilindro W o la velocidad periférica v_c del cuerpo abrasivo o la velocidad del cuerpo abrasivo S varía dentro de unos límites predeterminados durante una pasada de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro. Un ejemplo de una variación de este tipo de un parámetro de funcionamiento está representado en la figura 7 anteriormente descrita. La variación de la velocidad periférica v_w del cilindro o la variación de la velocidad periférica v_c del cuerpo abrasivo puede caracterizarse respectivamente mediante una frecuencia de variación f_{vc} o f_{vw} y una amplitud de variación A_{vw} o A_{vc} . Para una variación puramente sinusoidal, la velocidad periférica v_w del cilindro durante una pasada de la herramienta abrasiva sobre la superficie del cilindro puede variar por ejemplo de la siguiente manera en función del tiempo t: $v_w(t) = A_{vw} \cdot \sin(2\pi \cdot f_{vw} \cdot t)$.

Por consiguiente, pueden usarse para la magnitud de control F_m en particular, una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la frecuencia f_{vw} y/o la amplitud A_{vw} de la variación de la velocidad periférica v_w del cilindro o la frecuencia f_{vc} y/o la amplitud A_{vc} de la variación de la velocidad periférica v_c del cuerpo abrasivo.

La regulación del dispositivo de rectificado de cilindro 10 puede realizarse en particular mediante el equipo de control 80. Para este fin, el equipo de control 80 está configurado en particular para realizar una regulación de este tipo, en particular según las formas de realización y los ejemplos de realización anteriormente descritos.

60

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para rectificar un cilindro (20), en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, mediante un dispositivo de rectificado de cilindro (10), en particular un dispositivo de rectificado de cilindro según una de las reivindicaciones 12 a 15,
- en el que se rectifica un cilindro (20) con una herramienta abrasiva (40) del dispositivo de rectificado de cilindro (10),
 - en el que durante el rectificado, es decir, mientras se rectifica la superficie del cilindro con la herramienta abrasiva, se mide al menos un valor de medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de superficie del cilindro (20), midiéndose el al menos un valor de medición en al menos una zona de medición en la superficie del cilindro,
 - en el que se ajusta automáticamente durante el rectificado al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro (10) en función de la magnitud de medición,
- y
- en el que la zona de la superficie del cilindro detectada durante la medición se limpia antes de la medición.
2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado por
que durante el rectificado se mide al menos un valor de medición de al menos una magnitud de medición relacionada con la rugosidad de la superficie del cilindro (20) y/o al menos con la formación de dibujos en la superficie del cilindro (24), en particular con un procedimiento de medición óptico.
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizado por
que uno o varios de los siguientes parámetros de funcionamiento se controlan en función de al menos una magnitud de medición: velocidad del cilindro, velocidad de la muela abrasiva, sentido de giro del cilindro y/o del cuerpo abrasivo, velocidad de avance axial, posición relativa de la herramienta abrasiva con respecto al cilindro, en particular, aproximación de la herramienta abrasiva o flujo volumétrico de una emulsión de rectificado usada.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado por
que durante el rectificado se mide al menos un valor de medición de una magnitud de medición relacionada con el estado vibratorio del cilindro (20) y/o del dispositivo de rectificado de cilindro (10) y se ajusta al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro (10) en función de esta magnitud de medición.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4,
en el que se regula una magnitud de control para la formación del dibujos en la superficie del cilindro (24), concretamente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la potencia del accionamiento para un cuerpo abrasivo (42) de la herramienta abrasiva (40), la presión del cuerpo abrasivo (42) sobre el cilindro, la posición relativa de la herramienta abrasiva (40) con respecto al cilindro (20) y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5,
en el que se regula una magnitud de control para la rugosidad del cilindro (20) en la dirección axial, concretamente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la posición relativa de la herramienta abrasiva (40) con respecto al cilindro (20) y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de esta magnitud de ajuste.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6,
en el que se controla una magnitud de control para la rugosidad media del cilindro (20), concretamente a través de una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la posición relativa de la herramienta abrasiva (40) con respecto al cilindro (20), la velocidad periférica v_w del cilindro (20), la velocidad de avance v_{fa} del cilindro (20) o de la herramienta abrasiva (40) en la dirección axial, la velocidad periférica v_c de un cuerpo abrasivo (42) de la herramienta abrasiva (40) y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7,
caracterizado por
que el rectificado del cilindro (20) tiene lugar en varias pasadas de la herramienta abrasiva (40) sobre la superficie del cilindro (24) y por que al menos un parámetro de funcionamiento de una pasada se ajusta en función de al menos un valor de medición medido durante una pasada anterior.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8,
caracterizado por
que el rectificado del cilindro (20) tiene lugar con ayuda de un programa de rectificado predeterminado con varias etapas de rectificado sucesivas, comprendiendo cada etapa de rectificado al menos una pasada de la herramienta abrasiva (40) sobre la superficie del cilindro (24) con parámetros de funcionamiento asociados, por que durante el

rectificado se determina un valor característico de la superficie en función de al menos una magnitud de medición relacionada con la calidad de superficie del cilindro (20) y por que en función del valor característico de la superficie se realiza dentro del programa de rectificado un salto a una etapa de rectificado anterior o posterior.

- 5 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9,
caracterizado por
que el rectificado del cilindro (20) se realiza en varias pasadas de la herramienta abrasiva (40) sobre la superficie del cilindro (24) y por que durante una pasada al menos uno de los parámetros de funcionamiento de velocidad del cilindro, velocidad del cuerpo abrasivo, sentido de giro del cilindro (20) y/o del cuerpo abrasivo (42), velocidad de avance axial, posición relativa de la herramienta abrasiva (40) con respecto al cilindro, en particular aproximación de la herramienta abrasiva (40), o flujo volumétrico de una emulsión de rectificado usada varía dentro de unos límites predeterminados.
- 10
11. Procedimiento según la reivindicación 10,
 en el que se regula una magnitud de control para el estado vibratorio del dispositivo de rectificado de cilindro (10), concretamente mediante una o varias de las siguientes magnitudes de ajuste: la frecuencia y/o la amplitud de una variación de uno o varios parámetros de funcionamiento y/o un parámetro de funcionamiento dependiente de una o varias de estas magnitudes de ajuste.
- 15
12. Dispositivo de rectificado de cilindro (10) para rectificar un cilindro (20), en particular un cilindro de trabajo, un cilindro intermedio o un cilindro de apoyo, por ejemplo para laminadores en frío de aluminio,
- 20
- con un soporte de cilindros (30) que comprende dos cojinetes (32, 34) que están configurados para alojar el cilindro (20) de manera giratoria,
 - con un accionamiento (36) que está configurado para accionar de manera giratoria el cilindro (20) con una velocidad ajustable del cilindro,
 - con una herramienta abrasiva (40) que está configurada para alojar y accionar de manera giratoria un cuerpo abrasivo (42) con una velocidad ajustable del cuerpo abrasivo, así como para la regulación del cuerpo abrasivo (42) con respecto al cilindro (20),
 - comprendiendo el dispositivo de rectificado de cilindro (10) un dispositivo de medición (70) que está configurado para medir valores de medición de una magnitud de medición relacionada con la calidad de la superficie del cilindro (20),
- 25
- caracterizado por**
- **que** el dispositivo de rectificado de cilindro (10) comprende un equipo de control (80) configurado para controlar el dispositivo (10), estando configurado el equipo de control (80) para inducir durante el rectificado, es decir, mientras se rectifica la superficie del cilindro con la herramienta abrasiva, que se mida al menos un valor de medición con el dispositivo de medición (70), midiéndose el al menos un valor de medición en al menos una zona de medición en la superficie del cilindro, y ajustar automáticamente al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo de rectificado de cilindro (10), en particular la velocidad del cilindro, la velocidad del cuerpo abrasivo, la velocidad de avance axial y/o la regulación de la herramienta abrasiva (40) con respecto al cilindro (20), en función de la magnitud de medición y
 - **por que** el dispositivo de rectificado de cilindro (10) presenta un dispositivo de limpieza (74) que está configurado para limpiar la zona de medición (72) detectada por el dispositivo de medición (70) antes de llevar a cabo la medición.
- 30
- 35
- 40
- 45 13. Dispositivo de rectificado de cilindro según la reivindicación 12,
caracterizado por
que el equipo de control (80) está configurado para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11.
- 50
14. Dispositivo de rectificado de cilindro según las reivindicaciones 12 o 13,
caracterizado por
que el dispositivo de medición (70) está configurado para presentar durante el rectificado en cada caso una posición esencialmente estacionaria con respecto a la herramienta abrasiva (40).
- 55
15. Dispositivo de rectificado de cilindro según una de las reivindicaciones 12 a 14,
caracterizado por
que el dispositivo de rectificado de cilindro (10) presenta un dispositivo de limpieza (74) en forma de un rascador que está configurado para limpiar la zona de medición (72) detectada por el dispositivo de medición (70) antes de llevarse a cabo la medición.

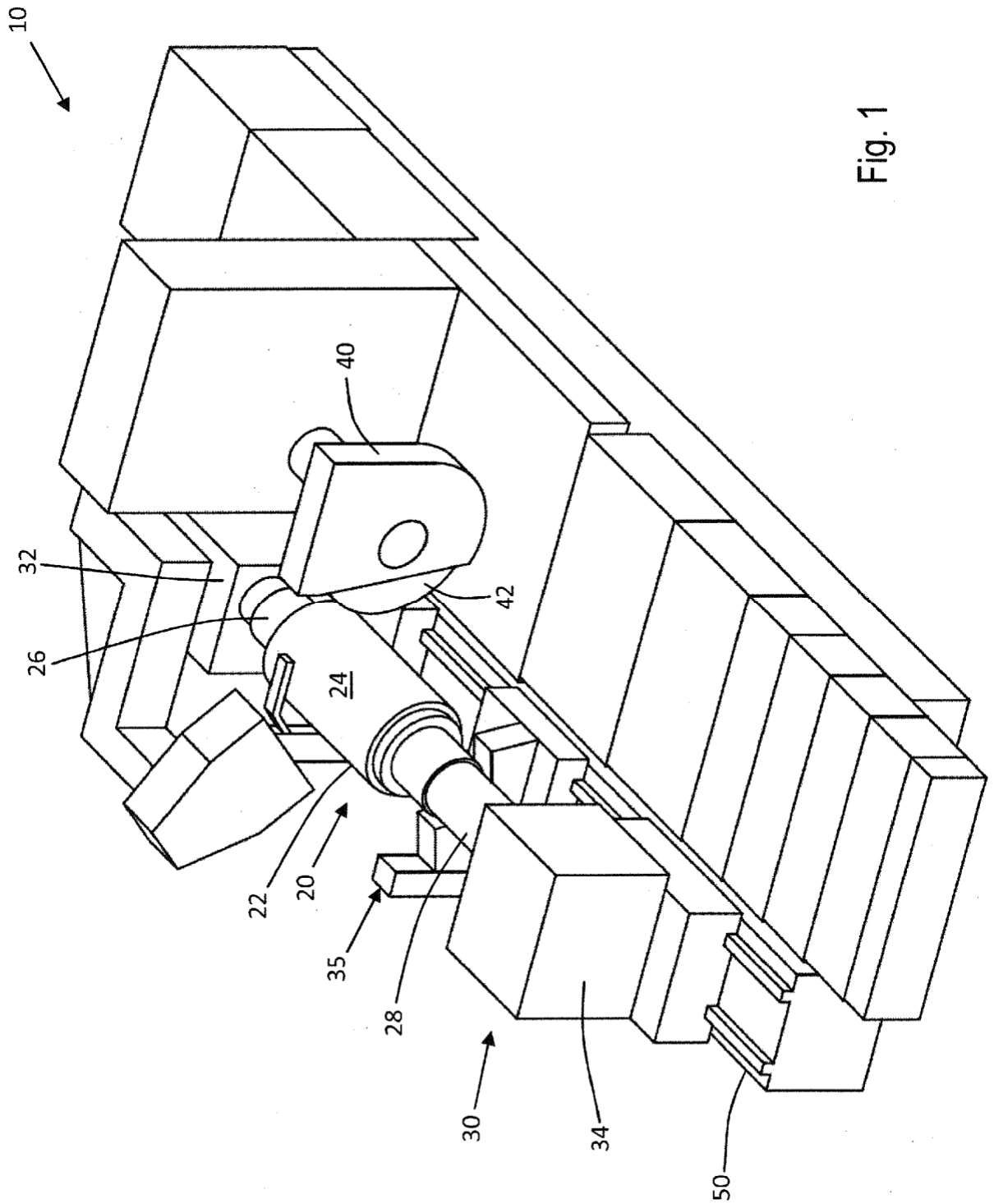


Fig. 1

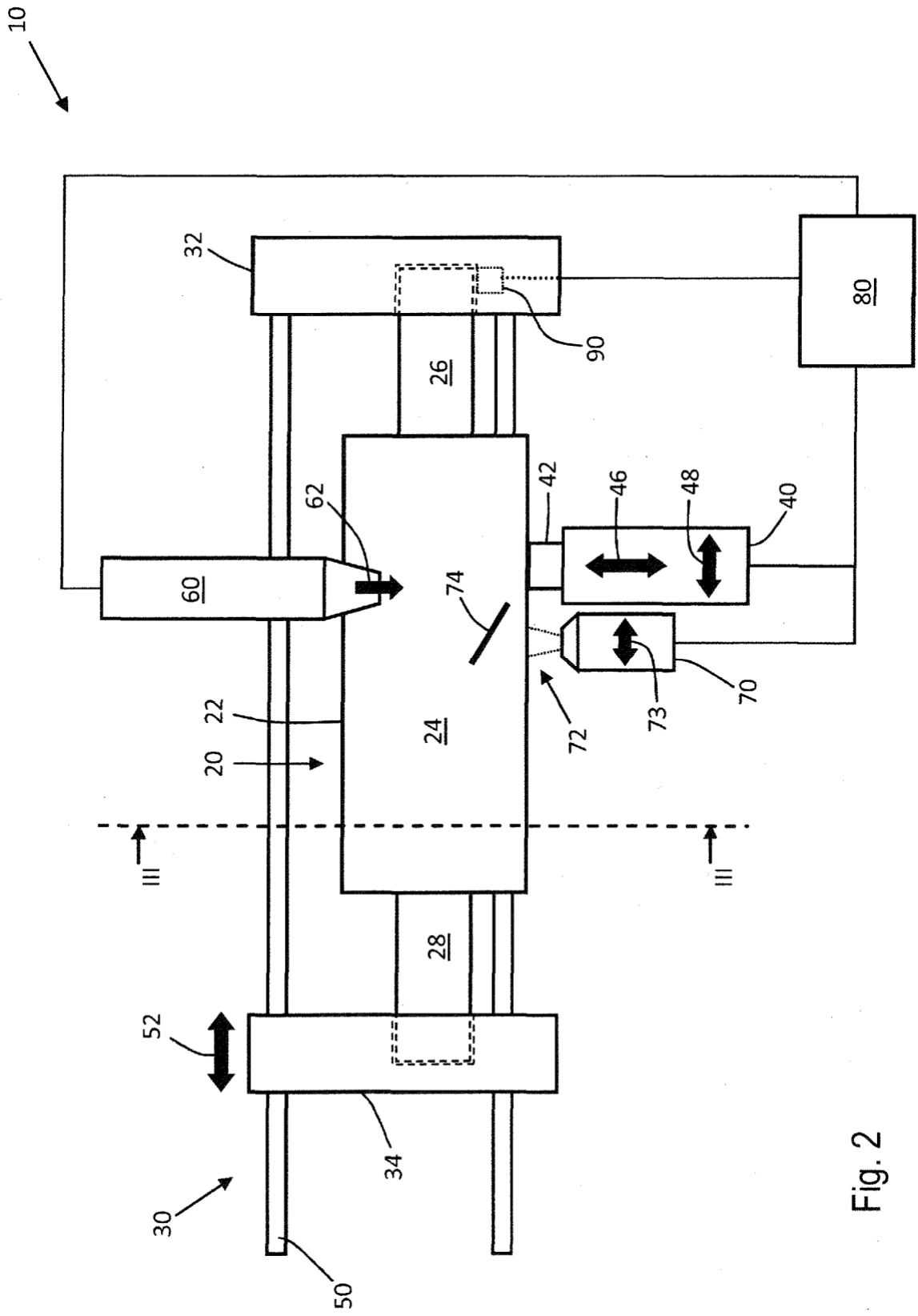


Fig. 2

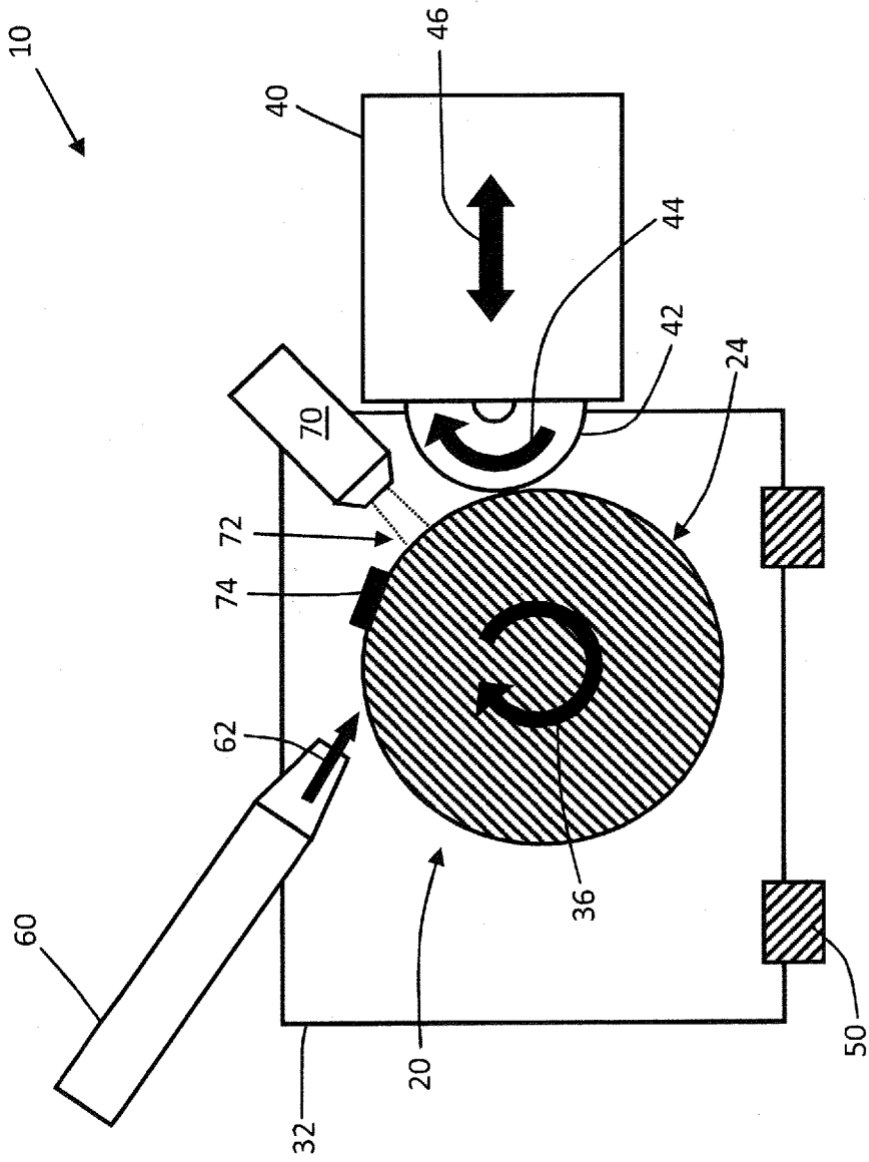


Fig. 3

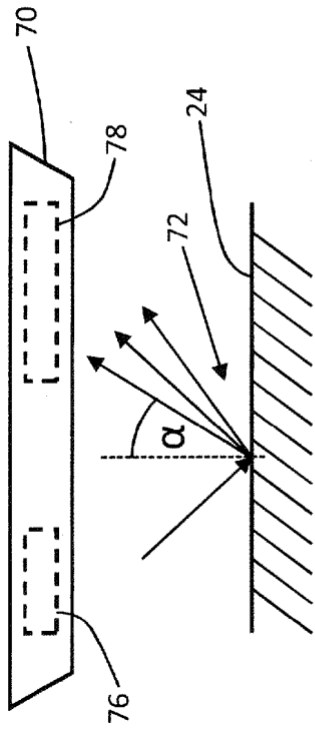


Fig. 4a

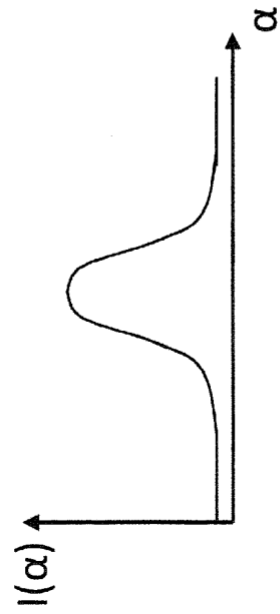


Fig. 4b

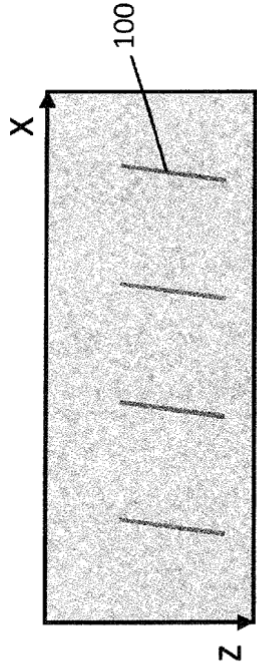


Fig. 5a

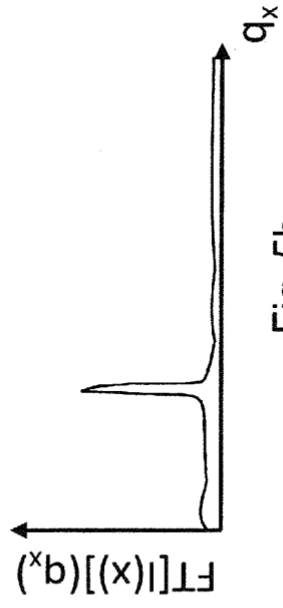


Fig. 5b

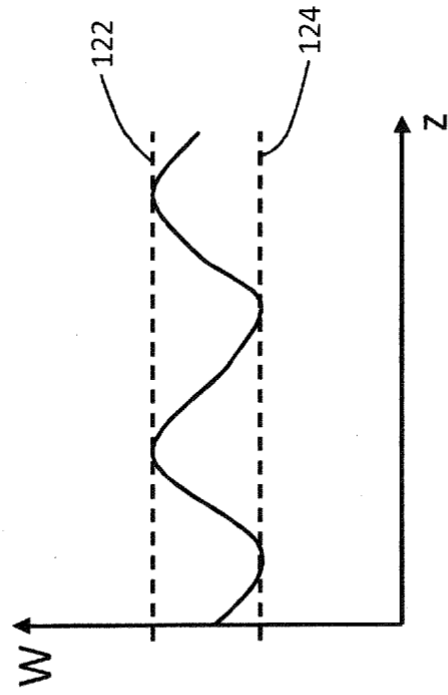
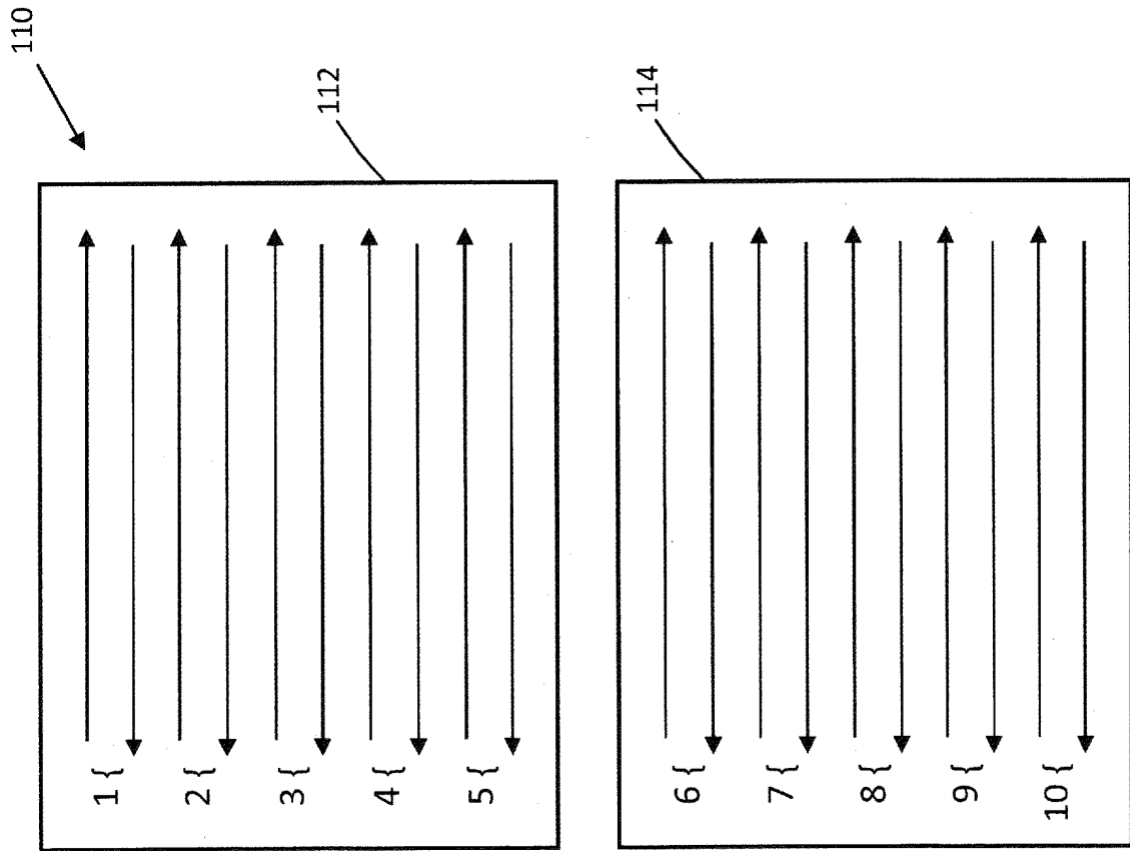


Fig. 7

Fig. 6

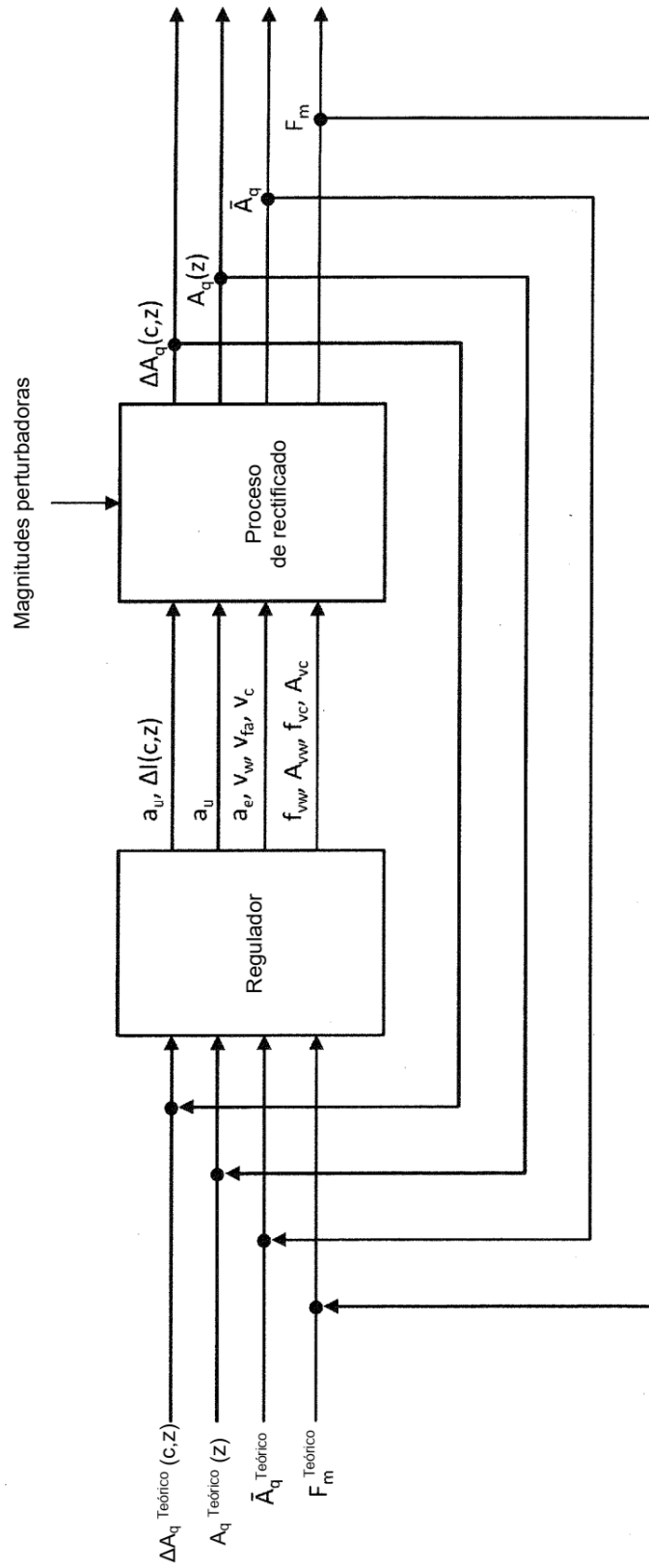


Fig. 8