

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 475 160**

51 Int. Cl.:

**B05B 7/20** (2006.01)  
**B05B 13/02** (2006.01)  
**B65G 49/00** (2006.01)  
**C23C 4/00** (2006.01)  
**C23C 4/12** (2006.01)  
**B05B 13/00** (2006.01)  
**B25J 9/00** (2006.01)  
**C23C 14/50** (2006.01)  
**C23C 16/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2012 E 12154267 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.05.2014 EP 2500446**

54 Título: **Manipulador para el posicionamiento dinámico de un sustrato, procedimiento de recubrimiento así como utilización de un manipulador**

30 Prioridad:

**17.03.2011 EP 11158579**

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

**10.07.2014**

73 Titular/es:

**SULZER METCO AG (100.0%)  
Rigackerstrasse 16  
5610 Wohlen, CH**

72 Inventor/es:

**MÜLLER, MARKUS**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 475 160 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

Manipulador para el posicionamiento dinámico de un sustrato, procedimiento de recubrimiento así como utilización de un manipulador

5 La invención se refiere a un manipulador de componentes para el posicionamiento dinámico de un sustrato que debe ser tratado en un proceso de tratamiento térmico, a un procedimiento de recubrimiento utilizando un manipulador de componentes, así como a la utilización de un manipulador de componentes para el recubrimiento de un sustrato por medio de un procedimiento de recubrimiento térmico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación independiente de la categoría respectiva.

10 El documento EP 2 048 263 A1 describe un manipulador de componentes en forma de una instalación de soporte de piezas de trabajo. La instalación de soporte de piezas de trabajo comprende un bastidor giratorio y una pieza de accionamiento, que son giratorios ambos alrededor de un eje de accionamiento. El bastidor giratorio puede ser accionado a través de un motor y lleva una pluralidad de soportes de piezas de trabajo distribuidos alrededor del eje de accionamiento y giratorios alrededor de ejes de soportes. La instalación de soportes de piezas de trabajo está realizada de tal forma que se puede ajustar de una manera sencilla una relación de multiplicación entre la rotación de las piezas de trabajo y la rotación del bastidor giratorio.

15 El documento DE 198 03 278 A1 describe un manipulador de componentes en forma de un soporte de piezas de trabajo, que es giratorio alrededor de un eje longitudinal. El soporte de piezas de trabajo dispone de una estructura de soporte para el alojamiento de piezas de trabajo, que se extiende radialmente fuera del eje longitudinal. La estructura de soporte está realizada de tal forma que las piezas de trabajo giran de forma definida, estando acopladas la rotación de las piezas de trabajo y la rotación del soporte de piezas de trabajo mecánicamente fijas.

20 El recubrimiento de superficies de las más diferentes piezas de trabajo tiene en la técnica industrial un número casi inmenso de aplicaciones y una importancia económica correspondientemente alta. En este caso, se pueden aplicar recubrimientos por muy diferentes motivos de manera ventajosa sobre los más diferentes sustratos. Un papel importante juegan, por ejemplo, las capas de protección contra desgaste sobre piezas muy cargadas mecánicamente como por ejemplo sobre superficies de rodadura de cilindros o anillos de pistón de motores de combustión interna o compresores. En tales piezas se plantean, además de la resistencia al desgaste, también otros requerimientos, como buenas propiedades de deslizamiento, es decir, buenas propiedades tribológicas o también propiedades excelentes de funcionamiento en seco. Para tales y similares requerimientos han dado un resultado excelente en particular diferentes procedimientos de inyección térmica, sobre todo los procedimientos de inyección de plasma conocidos.

30 Para la generación de capas duras sobre herramientas altamente cargadas, sobre todo herramientas de mecanización por arranque de brutas, como fresas, taladradoras, etc., se han empleado con mucho éxito recubrimientos fabricados a través de evaporación por arco voltaico, procesos PVD o CVD. Pero precisamente la utilización de los últimos procesos mencionados está muy extendida sobre campos muy diferentes, por ejemplo para el recubrimiento de joyas o de carcasas de relojes o para la aplicación de recubrimientos de protección o simplemente para el embellecimiento de objetos de uso.

También otros procedimientos, como por ejemplo la nitruración en atmósfera de gas son métodos bien establecidos, que tienen una gran importancia, entre otros, en la protección contra la corrosión.

40 En principio, en este caso es problemático el recubrimiento de piezas de trabajo de superficie muy grande, o de componentes con geometría complicada de la superficie.

45 En principio, también para estos casos más bien problemáticos se ha implantado la inyección térmica en diferentes variantes, sobre todo porque la inyección térmica se ha establecido desde hace mucho tiempo en la fabricación de piezas individuales y en la fabricación industrial en serie. Los procedimientos de inyección térmica más corrientes, que encuentran aplicación especialmente también en la fabricación en serie para el recubrimiento de superficies de sustratos en gran número de piezas son, por ejemplo, la inyección de llama con un polvo de inyección o un alambre de inyección, la inyección de arco voltaico, la inyección de llamada de alta velocidad (HVOF), la inyección de choque de llama o la inyección de plasma. La lista mencionada anteriormente de procedimientos de inyección térmica con seguridad exhaustiva. Más bien el técnico conoce un gran número de variantes de los procedimientos enumerados, así como otros procedimientos, por ejemplo procedimientos especiales como la soldadura por inyección de llama. En este contexto debe mencionarse también la llamada "inyección con gas frío".

55 En este caso, la inyección térmica ha explorado campos de aplicación amplios. En general, se puede establecer que la inyección térmica como procedimiento de recubrimiento de la superficie, por lo que se refiere a sus posibilidades de aplicación, es la técnica de recubrimiento probablemente con el más amplio campo de aplicación. Una limitación de los campos de aplicación de los procedimientos de inyección enumerados anteriormente no parece en este caso en absoluto adecuada, porque los campos de aplicación se solapan entre sí.

A este respecto, desde hace mucho tiempo era un problema proveer componentes con una geometría complicada de la superficie en uniformidad suficiente. Un ejemplo típico de tales piezas son palas de turbinas para turbinas apoyadas en tierra o en aire o bien grupos motopropulsores para vehículos aeronáuticos de todo tipo.

5 Una brecha ha abierto aquí el procedimiento térmico a baja presión ("Procedimiento-LPPS") propuesto en el documento EP 0 776 594 B1 por Sulzer Metco, que permite con una corriente de plasma ancha la fabricación de recubrimientos unitarios no sólo sobre componentes de geometría complicada, sino también sobre superficies grandes, por ejemplo sobre chapas. Esto se consigue, por una parte, a través de la configuración geométrica de la pistola de inyección, siendo, además, sin embargo, esencial que entre el interior y el exterior de la pistola de inyección predomine una diferencia esencial de la presión. La pieza de trabajo, o al menos la zona de la superficie a recubrir de la pieza de trabajo se encuentra en este caso en una cámara de recubrimiento, en la que, con respecto al interior de la pistola de inyección, se establece una presión negativa, por ejemplo una presión negativa de menos de 100 mbares, mientras que en la pistola de inyección predomina, por ejemplo, una presión de aproximadamente 1000 mbares, es decir, aproximadamente presión ambiental. A través del ajuste de una caída de la presión de este tipo entre el interior de la pistola de inyección y la cámara de recubrimiento se puede generar un chorro de recubrimiento ancho y largo, con el que se puede recubrir la superficie de la pieza de trabajo de una manera uniforme no alcanzable anteriormente.

20 Una ventaja esencial de este procedimiento consiste en este caso especialmente en que es posible también en una cierta extensión recubrimientos en zonas, que se encuentran en la "sombra" del chorro de recubrimiento y, por lo tanto, apenas se pueden alcanzar en el caso de utilización de procedimientos convencionales de recubrimiento de plasma; tales componentes no se pueden recubrir al menos por medio de procedimientos de recubrimiento convencionales de una manera suficientemente uniforme sobre todas las superficies y, en particular, no se pueden generar capas con suficiente calidad sobre aquellas superficies, que se encuentran en una zona de sombra con relación al chorro de recubrimiento.

25 A este respecto, entre tanto ha sido desarrollado esencialmente este principio básico. El documento EP 1 479 788 A1 muchas, por ejemplo, un procedimiento híbrido, que se basa en el procedimiento básico del documento EP 0 776 594 B1.

Estos procedimientos son en este caso especialmente adecuados para aplicar diferentes recubrimientos metálicos y no metálicos, en particular también recubrimientos de capas de cerámica, de carburo o de nitruro en capas finas.

30 Sobre todo para el recubrimiento de palas de turbinas se ha implantado en este caso el llamado proceso-LPPS-Dünnsfilm (PS-TF) de Sulzer Metco, que ha revolucionado formalmente en su tiempo la inyección de plasma a baja presión. En este caso se trata de un procedimiento de inyección de plasma-LPPS convencional, que fue modificado según la técnica de procedimientos. En este caso, un espacio atravesado por plasma ("llama de plasma" o "chorro de plasma") es ensanchado por medio del ajuste adecuado de los parámetros de inyección, en particular el parámetro de la presión en la cámara de proceso y en la llama de plasma o bien el chorro de plasma propiamente dicho, es dilatado hasta una longitud de hasta 2,5 metros. La dilatación geométrica del plasma conduce a un ensanchamiento uniforme – un "desenfocado" – de un chorro de plasma, que es inyectado con un gas portador en el plasma. El material del chorro de polvo, que se dispersa en el plasma en una nube y se funde allí parcial o totalmente, llega distribuido de una manera uniforme a una superficie ampliamente dilatada de un sustrato. Aparece sobre el sustrato una capa fina, cuyo espesor de capa puede ser inferior a 10 µm y se forma una cubierta densa gracias a la distribución uniforme. A través de la aplicación múltiple de capas finas se puede fabricar un recubrimiento más grueso con propiedades especiales, lo que permite utilizar tal recubrimiento como capa funcional. Por ejemplo, con una aplicación múltiple se puede fabricar un recubrimiento poroso, que es adecuado como soporte para sustancias catalíticamente activas (ver el documento EP-A-1 034 843).

45 Si consideramos como ejemplo una pala de turbina, entonces una capa funcional, que se aplica sobre un cuerpo de base que forma la pala de turbina, comprende, en general, diferentes capas parciales. Por ejemplo, para una turbina de gas (turbina de gas estacionaria o grupo motopropulsor de avión), las palas son recubiertas con una capa parcial que comprende una o varias capas y que establece una resistencia contra corrosión de gas caliente. Un segundo recubrimiento, que se aplica sobre la primera capa parcial y que se utiliza para el material cerámico, forma una capa de aislamiento térmico. Los procedimientos de inyección de plasma-LPPS conocidos anteriormente son especialmente bien adecuados para la fabricación de la primera capa. La capa de aislamiento térmico ha sido generada hasta ahora de manera más ventajosa con un procedimiento, en el que aparece un recubrimiento con una microestructura columnar. La capa estructurada de esta manera se compone aproximadamente de cuerpos pequeños o de corpúsculos cilíndricos, cuyos ejes centrales están alienados perpendicularmente a la superficie del sustrato. Las zonas de transición, en las que la densidad del material separado es menor que en los corpúsculos, delimitan lateralmente los corpúsculos. Un recubrimiento, que presenta tal microestructura anisótropa, es tolerante a dilatación frente a tensiones alternas, que resultan en virtud de modificaciones de la temperatura que aparecen de forma periódica. El recubrimiento reacciona a las tensiones alternas de una manera ampliamente reversible, es decir, sin una configuración de grietas, de manera que se prolonga su duración de vida útil en una medida considerable en comparación con la duración de vida útil de un recubrimiento habitual, que no tiene microestructura

columnar.

La microestructura anisótropa se puede generar con un procedimiento de película delgada, que es un procedimiento de metalización por evaporación en vacío. En este procedimiento, que se designa con "EB-PVD" (Electrón Beam – Physical Vapor Deposition), se lleva la sustancia que debe separarse para la capa de aislamiento térmico en un alto vacío con un chorro de electrones a la fase de vapor y a partir de ésta se condensa sobre el componente a recubrir. Si se seleccionan de forma adecuada los parámetros del proceso, entonces resulta una microestructura columnar. Un inconveniente de este procedimiento de metalización por evaporación en vacío es, entre otros, sus costes muy altos de la instalación. A ello hay que añadir que durante la fabricación de un recubrimiento que comprende varias capas parciales no se puede emplear la misma instalación para el procedimiento de inyección de plasma y el proceso-EB-PVD. Por lo tanto, para el recubrimiento deben realizarse varios ciclos de trabajo.

Estos problemas han sido solucionados por primera vez de manera sorprendente por Sulzer Metco a través de la invención según el documento EP 1 495 151 B1, con lo que por primera vez se ha proporcionado un procedimiento de inyección de plasma, con el que se puede fabricar una capa de aislamiento térmico y que permite aplicar un recubrimiento, que comprende la capa de aislamiento térmico como capa parcial en un ciclo de trabajo en una pala de turbina.

Esto se ha conseguido a través de un nuevo procedimiento de inyección de plasma, en el que se inyecta un material a recubrir en forma de un chorro de polvo sobre una superficie de un sustrato metálico, en particular sobre una pala de turbina. En este caso se inyecta a una presión baja del proceso, que es inferior a 100 mbares, el material de recubrimiento en un plasma que desenfoca el chorro de polvo y se funde allí parcial o totalmente. En este caso, se genera un plasma con entalpía específica suficientemente alta, de manera que una porción sustancial, que representa al menos el 5 % en peso, del material de recubrimiento es transferida a la fase de vapor y aparece sobre el sustrato una capa estructurada anisótropa. En esta capa están alineados verticalmente unos corpúsculos alargados, que forman una microestructura anisótropa, en gran medida perpendicularmente a la superficie del sustrato. Las zonas de transición pobres de material delimitan los corpúsculos entre sí.

El procedimiento según el documento EP 1 495 151 B1 presenta en este caso frente al procedimiento conocido, con el que se fabrica una capa estructurada columnar por medio de EB-PVD, otra ventaja decisiva: los tiempos del proceso para capas del mismo espesor son claramente más cortos.

Por lo tanto, el procedimiento según el documento EP 1 495 151 B1 ha sido mejorado y desarrollado en una medida decisiva por Sulzer Metco y se ha establecido entre tanto en el mercado bajo la designación abreviada PS-PVD. Puesto que el manipulador de componentes reivindicado en el marco de esta solicitud se puede utilizar de manera especialmente ventajosa en conexión con el procedimiento de recubrimiento reivindicado, que es con referencia el procedimiento PS-PVD conocido en sí, éste se describe a continuación en detalle, de manera que la descripción siguiente del procedimiento PS-PVD forma una parte de la descripción de la presente invención.

A este respecto se entiende por sí que el manipulador de componentes de la presente invención se puede utilizar con ventaja evidentemente para la utilización en cualquier proceso de tratamiento térmico y, por lo tanto, en principio también en cualquier procedimiento de recubrimiento.

PS-PVD, que representa de forma abreviada "Plasma spray – physical vapor deposition", es una tecnología de inyección de plasma de baja presión para la separación de recubrimientos a partir de la fase de vapor. PS-PVD es en este caso una parte de una familia de nuevos procesos híbridos, que la solicitante ha desarrollado en los últimos tiempos sobre la base de la tecnología LPPS descrita anteriormente (Journal of Thermal Spray Technology, 502, Vol. 19(1-2) Enero 2010). A este respecto, esta familia comprenden además de PS-PVD, entre otros, también los procesos "plasma spray – chemical vapor deposition" (PS-CVD) y "plasma spray – thin film" (PS-TF). En comparación con la inyección de plasma en vacío convencional o bien el proceso LPPS convencional, estos procesos nuevos se caracterizan por la utilización de una pistola de plasma de alta energía, que es accionada a una presión de trabajo inferior a 2 mbares. Esto conduce a una característica del chorro de plasma no convencional, que se puede emplear para la fabricación de recubrimientos específicos único. Una propiedad nueva importante de proceso PS-PVD es la posibilidad de formar recubrimientos no sólo a partir de material líquido fundido, siendo formadas las capas por los llamados "listones" líquidos, que se solidifican cuando inciden sobre el sustrato, sino que PS-PVD permite también la formación de recubrimientos directamente a partir de la fase de vapor. De esta manera, PS-PVD llena el hueco entre técnicas PVD convencionales y las técnicas estándar de la inyección térmica. La posibilidad de transferir el material de recubrimiento a la fase de vapor y de esta manera separar capas directamente a partir de la fase de vapor abre posibilidades totalmente nuevas para formar otras capas o sistemas de capas únicos con estructura de nuevo tipo.

Las propiedades de estas estructuras de capas nuevas son claramente superiores en muchos aspectos a las conocidas hasta ahora, en particular con respecto a las capas, que están fabricadas por medio de EP-PVD. En efecto, todos los procesos de inyección térmica tienen en común que, como ya se ha mencionado, las capas se forman a partir de material fundido, a partir de los "listones" mencionados anteriormente, es decir, en último término

a partir de un proceso de congelación del material de inyección líquido sobre la superficie del sustrato. Esto en oposición a los procesos PVD clásicos, en los que los recubrimientos sobre el sustrato se forman en una cámara de proceso a partir de la fase de vapor, siendo transferido el material de recubrimiento a baja presión, por ejemplo de aproximadamente 10-4 mbares en la cámara de proceso en primer lugar a la fase de vapor. Esto significa que material de recubrimiento caliente no se separa sobre la superficie fría del sustrato a partir de la fase líquida, sino que se condensa a partir de la fase de vapor sobre la superficie del sustrato. Esto conduce a propiedades totalmente características del recubrimiento, que no se pueden conseguir con procedimientos de inyección térmica convencionales. Las capas PVD pueden ser, como se conoce, muy homogéneas, en este caso muy finas, densas, duras y herméticas al gas y pueden presentar microestructuras especiales predeterminables.

La estructura columnar de circonio estabilizado con itrio (YSZ), que se separa por medio de EP-PVD (electron beam – physical vapor deposition), es especialmente bien adecuada, por ejemplo, para capas de aislamiento térmico (TBC), que deben ser muy escasas de tensión o bien tolerantes a la tensión.

El inconveniente decisivo de los procedimientos PVD en comparación con la inyección térmica son los altos costes de inversión y las tasas de separación reducidas y, por lo tanto, los altos costes del proceso. Por lo tanto, se emplean procesos PVD principalmente para capas muy finas y en la producción en masa. O bien incluso también para el recubrimiento de piezas muy valiosas o relevantes para la seguridad, como por ejemplo de palas de rodadura o palas de guía de turbinas de vehículos aeronáuticos.

Además, por medio de las técnicas PVD convencionales se pueden recubrir solamente superficies, que se encuentra en la línea de visión directa a la fuente de recubrimiento, es decir, que no se encuentran en una zona sombreada con relación a la fuente de recubrimiento. En efecto, hasta ahora era siempre muy difícil o bien anteriormente imposible recubrir componentes con recesos o bien con geometría compleja, como por ejemplo palas de turbinas con capas homogéneas de alta calidad y de microestructura predeterminada de una manera efectiva y eficiente de costes.

Por lo tanto, existía desde hace mucho tiempo una necesidad en el estado de la técnica de disponer de un dispositivo y un procedimiento, que combinen las ventajas de la inyección térmica y del proceso PVD en un proceso. Esto ha sido conseguido por Sulzer Metco a través del proceso PS-PVD desarrollado recientemente, que es un desarrollo posterior del proceso LPPS original y que proporciona por primera vez un procedimiento, con el que a partir de la fase de vapor se puede recubrir por medio de inyección térmica, de manera que se pueden fabricar recubrimientos de alta calidad, con microestructura predeterminable y propiedades predeterminables de una manera muy eficiente, a bajo coste y en grandes números de piezas. Este procedimiento nuevo está especialmente en condiciones de recubrir de una manera uniforme y en el espesor y calidad deseados también zonas de la superficie, que se encuentran con relación a la fuente de recubrimiento en zonas sombreadas, es decir, no directamente en la línea de visión de la fuente de recubrimiento.

El proceso-PS-PVD se realiza en este caso de una manera similar al LPPS bajo una atmósfera definida del proceso a presión de gas reducida con relación a la presión ambiental atmosférica, típicamente en una atmósfera de gas inerte. Por ejemplo bajo gas argón en una cámara de proceso. Las presiones típicas del gas de proceso están entre 0,5 mbares y 2 mbares. Debido a la presión reducida en la cámara de proceso se ahueca la llama de plasma o bien el chorro de plasma, por ejemplo, sobre una longitud de más de 2 m o de 200 mm a 400 mm de diámetro, pudiendo ajustarse con una selección adecuada de los parámetros del proceso también, en general, sin embargo, llamas de plasma mayores. A través del ahuecamiento de la llama de plasma o bien del chorro de plasma se consigue especialmente una distribución muy homogénea de la temperatura y de las velocidades de las partículas en la llama de plasma, de manera que se pueden generar también sobre componentes muy complejos, como por ejemplo sobre palas de turbinas, capas con espesor muy uniforme, también en zonas sombreadas de la superficie.

Con preferencia, en este caso se precalienta o bien se limpia la superficie del sustrato. Esto se puede realizar, por ejemplo, por medio del chorro de plasma o se puede llevar a cabo por medio de un proceso de arco integrado en la cámara de proceso.

Aunque la presión de trabajo de PS-PVD de, por ejemplo, 1 mbar es claramente superior que la presión de trabajo de aproximadamente 10-4 mbares, como se utiliza en el procedimiento PVD clásico, en el proceso PS-PVD la combinación de presión baja del proceso y energía alta del plasma o bien entalpía de la llama de plasma o bien del chorro de plasma conduce a una evaporación definida del polvo inyectado en la llama de plasma y, por lo tanto, permite una separación controlada desde la fase de vapor.

En oposición a ello, en un proceso EB-PVD, el transporte del material evaporado en dirección a la superficie del sustrato es un proceso de difusión con caudal de flujo limitado y, por lo tanto, en último término también con velocidad de crecimiento limitada de las capas superficiales a aplicar. A diferencia del proceso PS-PVD, que transporta el material de recubrimiento evaporado en un chorro de plasma con velocidad ultrasónica de aproximadamente 2000 m/s a 4000 m/s a una presión de aproximadamente 1 mbar y una temperatura de aproximadamente 6.000 K a 10.000 K. Esto conduce a velocidades de crecimiento elevadas de las capas sobre el

sustrato y a la posibilidad de recubrir también recesos o superficie sombreada del sustrato de alta calidad constante.

De esta manera, el proceso PS-PVD posibilita por primera vez recubrir de una manera eficiente piezas de forma muy complicada, como por ejemplo palas de turbinas de calidad no conocida anteriormente, de una manera automática y en grandes números de piezas, por ejemplo con sistemas de capa de aislamiento térmico.

5 No obstante, una presión de costes creciente requiere también aquí otras mejoras. Una propiedad esencial del proceso descrito anteriormente consiste, en efecto, en que el componente a recubrir debe estar atemperado en determinados límites de una manera más o menos uniforme. Esto se realiza, por ejemplo, en el procedimiento EP-PVD conocido porque en las paredes de la cámara de proceso, en la que se realiza el proceso de recubrimiento, se prevé un calentamiento, que atempera de una manera uniforme el componente a recubrir desde varios lados en ciertos límites, lo que naturalmente es otro inconveniente del procedimiento EP-PVD, porque adicionalmente debe 10 verse la calefacción relativamente costosa en la pared de la cámara y, naturalmente, también debe accionarse. En el procedimiento-LPPS, en general, y en particular en el procedimiento PS-PVD se precalienta el componente solamente a través del chorro de recubrimiento, lo que tiene la ventaja de que se ahorra la calefacción adicional en la pared de la cámara, pero, naturalmente, conduce también a un campo de temperatura muy inhomogéneo dentro 15 de la cámara de recubrimiento. Por lo tanto, se sabe que cuando la dilatación del componente a recubrir es tal que no puede ser atemperado ya de una manera suficientemente uniforme por el chorro de recubrimiento, por ejemplo cuando la dilatación de la pieza a recubrir es tan grande que el chorro de recubrimiento cubre o bien envuelve sólo todavía parcialmente la superficie del componente, hay que mover en vaivén el chorro de recubrimiento sobre el componente en una zona angular predeterminable con velocidad suficiente, para que sucesivamente todas las 20 superficies del componente sean cubiertas durante el recubrimiento periódicamente por el chorro de recubrimiento, para que de manera sucesiva y siempre de nuevo todas las zonas de la superficie sean expuestas al chorro de recubrimiento de tal forma que toda la superficie es recubierta, por una parte, con la misma masa y, por otra parte, el componente a recubrir se atemperado o bien precalentado de una manera suficientemente uniforme en límites de parámetros predeterminados. Este movimiento más o menos periódico del chorro de recubrimiento para el 25 cubrimiento del sustrato a recubrir se designa también con frecuencia como "barrido" del chorro de recubrimiento.

Para mejorar todavía el efecto de la atemperación y recubrimiento uniformes, se conoce, además, montar, por ejemplo, una pala de turbina sobre un soporte de sustrato giratorio, para que simultáneamente con el barrido del chorro de recubrimiento, se gire el sustrato todavía alrededor de un eje de giro, de manera que el sustrato es impulsado directamente de forma sucesiva por todos los lados por el chorro de recubrimiento. Este dispositivo conocido en sí se explica de nuevo para ilustración con la ayuda de la figura 1. 30

En la figura 1 se representa de forma esquemática un procedimiento conocido a partir del estado de la técnica para el recubrimiento de una pala de turbina de un grupo motopropulsor de avión.

Hay que indicar que para la mejor distinción de la invención respecto del estado de la técnica, los signos de referencia en la figura 1, que se refiere a un procedimiento conocido, están provistas con una prima, mientras que 35 los signos de referencia en las restantes figuras, que se refieren a la invención, no llevan prima.

La figura 1 muestra un procedimiento totalmente conocido a partir del estado de la técnica para la fabricación de una capa estructurada funcional 20' sobre un sustrato 2', que es aquí una pala de turbina 2' para un avión, en el que en una cámara de proceso, que no se representa en detalle en la figura 1 por razones de claridad, bajo una presión de proceso P' baja predeterminada por medio de un procedimiento de inyección de plasma se inyecta un material de recubrimiento 200' en forma de un chorro de recubrimiento BS' sobre una superficie 210' del sustrato 2'. El material de recubrimiento 200' es inyectado en este caso, a la presión baja de proceso P', que puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 1 mbar, en un plasma que desenfoca el chorro de recubrimiento BS' y se funde allí parcial o totalmente, de manera que se genera un plasma con entalpía específica suficientemente alta, de manera que se transfiere una porción sustancial lo más alta posible del material de recubrimiento 200' a la fase de vapor y se forma 40 sobre el sustrato 2' la capa estructurada 20', Para conseguir un recubrimiento lo más uniforme posible de la pala de turbina 2', ésta se dispone sobre un plato de sustrato 5' giratorio alrededor de un eje de giro 3' y se gira en el chorro de recubrimiento BS'. Al mismo tiempo se pivota el chorro de recubrimiento BS' en una zona angular espacial  $\Omega'$  en vaivén sobre la pala de turbina 3' a recubrir. 45

Pero desafortunadamente hasta ahora solamente era posible recubrir como máximo un único sustrato no demasiado grande de esta manera por medio de PS-PVD. 50

Los sustratos dilatados en el espacio, que son tan grandes que sus superficies no son abarcadas totalmente por el chorro de recubrimiento durante el barrido del chorro de recubrimiento, o que tienen una geometría asimétrica tal que determinadas zonas de la superficie, por ejemplo durante la rotación sobre el plato giratorio, han sido giradas fuera del eje del chorro de recubrimiento hasta el punto de que el chorro de recubrimiento no las alcanza ya, no se han podido recubrir hasta ahora de una manera satisfactoria con el procedimiento PS-PVD. Puesto que la zona angular, sobre la que el chorro de recubrimiento de puede pivotar como máximo en la cámara de recubrimiento es, naturalmente, limitada y al mismo tiempo el sustrato a recubrir debe tener una distancia considerable desde la 55

pistola de inyección, que genera el chorro de inyección, existía hasta ahora en el campo técnico la opinión de que varios sustratos, que se podían colocar teóricamente sobre un soporte de sustrato giratorio, no se podrían recubrir en absoluto con el procedimiento PS-PVD conocido en una etapa de trabajo.

5 En efecto, incluso cuando a través de rotación adecuada del soporte del sustrato giratorio, con un movimiento de articulación adecuado simultáneo del chorro de recubrimiento, se puede acceder sucesivamente a todas las superficies desde el chorro de recubrimiento, hasta ahora se ha partido que a pesar de todo no se pueden aplicar sobre los sustratos capas uniformes con el procedimiento PS-PVD sobre los sustratos.

10 El motivo para esta hipótesis tiene en este caso principios físicos fundados. Como ya se ha descrito anteriormente, en el procedimiento-LPPS, en particular en el procedimiento PS-PVD es esencial, en efecto, que los sustratos sean precalentados de la manera más uniforme posible por el chorro de recubrimiento. Es decir, que el sustrato a recubrir es impulsado al menos por término medio durante corto espacio de tiempo de una manera esencialmente constante por el chorro de recubrimiento. Por término medio significa en este caso que, por ejemplo, durante el barrido del chorro de recubrimiento o durante la rotación del soporte del sustrato, determinadas zonas de la superficie del sustrato solamente están expuestas durante tan corto espacio de tiempo al chorro de recubrimiento que la temperatura de esta zona de la superficie se reduce solamente en una medida no esencial en comparación con la temperatura de aquellas zonas de la superficie, que están expuestas al chorro de recubrimiento. Por lo demás, aparecen en el sustrato gradientes de temperatura tan grandes o la temperatura de las zonas de la superficie no impulsadas temporalmente con el chorro de recubrimiento se reduce hasta tal punto que no se pueden aplicar ya capas de la alta calidad necesaria.

20 Especialmente cuando, por ejemplo, uno de los sustratos previstos sobre el soporte del sustrato es extraído temporalmente más o menos completamente fuera de la impulsión a través del chorro de recubrimiento, se refrigeran los sustratos correspondientes hasta el punto de que, cuando son impulsados de nuevo por el chorro de recubrimiento para el recubrimiento, no es posible ya un recubrimiento de acuerdo con los altos requerimientos de calidad.

25 Este efecto negativo está todavía más agudizado en el caso de sustratos de forma muy complicadas, que presentan recesos muy profundos o encajados, o están configurados complicados de otra manera, como por ejemplo palas dobles para turbinas de aviones modernas, cargadas extremadamente altas, puesto que, por ejemplo, las zonas de la superficie sombreadas son calentadas todavía en raras ocasiones o durante menos tiempo por el chorro de recubrimiento, de manera que no es posible ya un recubrimiento deficientemente uniforme con máximos requerimientos de calidad y estructura de capas.

30 En este caso, los problemas mencionados anteriormente no sólo son de temer cuando se trata de recubrir varios sustratos al mismo tiempo en uno y el mismo chorro de recubrimiento.

Incluso cuando se dispone solamente un único sustrato en el chorro de recubrimiento, se plantean siempre de nuevo los problemas descritos anteriormente. Un motivo esencial para ello son los soportes de sustratos conocidos, que permiten solamente un tipo muy limitado de posicionamiento del sustrato a recubrir en el chorro de recubrimiento.

35 Esto está relacionado en primera línea con que el tratamiento de los sustratos tiene lugar en condiciones ambientales difíciles. De esta manera, el tratamiento tiene lugar no en pocas ocasiones en entorno polvoriento, bajo presión alta o baja y sobre todo a altas temperatura de hasta, por ejemplo, 1000 °C o todavía más altas.

40 Los soportes de sustratos conocidos están constituidos, por lo tanto, muy sencillos con el menor número posible de piezas móviles, puesto que, por ejemplo, los cojinetes conocidos que eran necesarios para configurar el soporte del sustrato de tal forma que el componente sea giratorio o pivotable alrededor de ejes adicionales, no se podían exponer o solamente durante un tiempo muy corto a las condiciones ambientales agresivas, en particular las altas temperaturas. Pero puesto que con frecuencia son necesarios tiempos de tratamiento muy largos, en el caso de los recubrimientos térmicos por ejemplo, el proceso de recubrimiento puede durar, en general, una hora o más, los soportes de sustratos con cojinetes conocidos para la rotación o articulación de los sustratos fallarían sus servicios ya después de corto espacio de tiempo. Por lo tanto, hasta ahora solamente estaban disponibles soportes de sustratos muy sencillos, que solamente permiten de una manera muy limitada un posicionamiento dinámico del sustrato.

45 Otro inconveniente de los soportes de sustratos conocidos es el desacoplamiento térmico deficiente del sustrato a tratar respecto de soporte del sustrato. Esto conduce, por ejemplo, en el caso del recubrimiento térmico a que tenga lugar un flujo de salida de temperatura considerable y con frecuencia todavía irregular desde el sustrato a tratar, es decir, por ejemplo una pala de turbina a recubrir térmicamente, a través del soporte del sustrato, hasta el dispositivo de manipulación, que soporta y conduce el soporte del sustrato. Este flujo de salida de temperatura más o menos incontrolado en combinación con la capacidad de alineación y la movilidad deficientes del sustrato con respecto al chorro de recubrimiento conduce a menoscabos masivos en la calidad de la capa o bien a tasas de desechos altas y, por lo tanto, a costes altos no aceptables.

El cometido de la invención es, por lo tanto, preparar un manipulador de componentes para el posicionamiento dinámico de un sustrato a tratar en un proceso de tratamiento térmico, en particular en un proceso de inyección térmica, con el que se evitan los inconvenientes de los soportes de sustratos conocidos a partir del estado de la técnica y con el que es posible especialmente mover el componente durante el proceso de tratamiento alrededor de al menos un eje, de manera que el sustrato a tratar está desacoplado térmicamente del manipulador de componentes de manera predeterminable, o bien se puede ajustar, modificar o influenciar un acoplamiento térmico y/o flujo de calor del sustrato a tratar con el manipulador de componentes también durante el proceso de recubrimiento.

Otro cometido de la invención es preparar un procedimiento de recubrimiento así como la utilización de un manipulador de componentes, en el que se evitan los problemas conocidos a partir del estado de la técnica para poder tratar de una manera óptima al mismo tiempo en especial también varios sustratos, de manera que sobre varios sustratos se pueden separar de una manera eficiente de costes y de tiempo capas superficiales de calidad muy alta y uniforme al mismo tiempo y/o sobre sustratos muy grandes y/o sobre sustratos de geometría muy complicada por medio de un procedimiento LPPS, en particular por medio de PS-PVD.

Los objetos de la invención que solucionan estos cometidos se caracterizan a través de las características de la reivindicación independiente de la categoría respectiva.

Las reivindicaciones dependientes respectivas se refieren a formas de realización especialmente ventajosas de la invención.

Por lo tanto, la invención se refiere a un manipulador de componentes para el posicionamiento dinámico de un sustrato a tratar en un proceso de tratamiento térmico, en el que el manipulador de componentes comprende un eje de accionamiento principal giratorio alrededor de un eje de giro principal, un elemento de acoplamiento y un soporte de sustrato que se puede conectar con el elemento de acoplamiento. De acuerdo con la invención, el elemento de acoplamiento es un elemento de acoplamiento cerámico y un segmento de unión del soporte del sustrato se puede conectar por medio de una conexión giratoria de enchufe de forma fija contra tracción y fija contra giro con respecto a un eje de conexión de la conexión giratoria de enchufe con el elemento de acoplamiento y el soporte del sustrato está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje de conexión.

Es esencial para la invención que el elemento de acoplamiento es un elemento de acoplamiento cerámico. Puesto que el elemento de acoplamiento es de un material cerámico muy mal conductor, el soporte del sustrato y, por lo tanto, el sustrato a recubrir dispuesto encima está muy bien desacoplado térmicamente del manipulador de componentes de acuerdo con la invención. De esta manera es posible por primera vez reducir, por ejemplo en el caso de recubrimientos térmicos, un flujo térmico desde el sustrato hacia el manipulador de componentes a una medida reducida predeterminable, con lo que el flujo de temperatura se disipa al mismo tiempo también de una manera más uniforme desde el sustrato a tratar, es decir, por ejemplo de una pala de turbina a recubrir térmicamente, a través del soporte del sustrato hasta el manipulador de componentes, de manera que se suprime el flujo de temperatura incontrolado nocivo conocido a partir del estado de la técnica y simplemente ya a través de este efecto se mejora masivamente la calidad de las capas, se reducen las tasas de desechos y se consiguen de este modo costes aceptables.

Puesto que a través del elemento de acoplamiento cerámico se reduce masivamente el flujo de calor desde el sustrato a través del soporte del sustrato hasta el manipulador de componentes, es posible también por primera vez prever una instalación de accionamiento o bien instalación de engranaje, con la que se puede girar el soporte del sustrato alrededor del eje de conexión, sin que la instalación de engranaje en el estado de funcionamiento se perjudique o incluso se destruya en virtud de actuación excesiva de calor. En particular, la invención se refiere en este caso a un manipulador de componentes con un engranaje planetario triple. Esto tiene mucha importancia sobre todo en aquellos ejemplos de realización especiales, en los que para el alojamiento de varios soportes de sustratos está prevista una pluralidad de elementos de acoplamiento en el manipulador de componentes. En este caso, por medio de una instalación de engranaje prevista en el manipulador de componentes se pueden accionar todos los elementos de acoplamiento al mismo tiempo a través del único eje de giro principal y se pueden desplazar en rotación alrededor del eje de conexión, de manera que por ejemplo en el caso de recubrimientos térmicos de varios sustratos, éstos son giratorios en el estado de recubrimiento, con lo que se puede fabricar un recubrimiento especialmente uniforme, de calidad no alcanzable hasta ahora.

Puesto que el segmento de conexión del soporte del sustrato se puede conectar por medio de una conexión giratoria de enchufe de forma fija contra tracción y fija contra giro con relación a un eje de conexión de la conexión giratoria de enchufe con el componente de acoplamiento, se puede sustituir muy fácilmente el soporte del sustrato, sin que deban realizarse trabajos de montaje costosos en el manipulador de componentes. En una forma de realización especialmente preferida, la conexión giratoria de enchufe está configurada en forma de un mecanismo de cierre de bayoneta conocido en sí.

En un ejemplo de realización preferido, para el alojamiento del elemento de acoplamiento con soporte del sustrato

está prevista una palca de base conectada de forma fija contra giro con el eje de accionamiento principal, sobre la que se pueden prever la mismo tiempo uno o varios elementos de acoplamiento, pero con preferencia, pero no forzosamente, por ejemplo, tres elementos de acoplamiento al mismo tiempo, de manera que se pueden prever varios sustratos al mismo tiempo en uno y el mismo manipulador de componentes. La pluralidad de elementos de acoplamiento está prevista en este caso de manera especialmente ventajosa excéntricamente con respecto al eje de giro principal en la placa de base, de manera que en el estado de funcionamiento, por ejemplo durante un proceso de recubrimiento, los sustratos dispuestos sobre los soportes de sustratos se pueden poner en contacto con diferentes zonas del chorro de recubrimiento a través de rotación alrededor del eje de accionamiento principal, con lo que se puede mejorar claramente especialmente la uniformidad del recubrimiento sobre los sustratos.

5  
10  
15

Para mejorar todavía adicionalmente la calidad de las capas, por ejemplo durante el recubrimiento térmico de los sustratos, el elemento de acoplamiento para la rotación, es decir, para el accionamiento rotatorio del soporte del sustrato alrededor del eje conexión del soporte del sustrato se puede poner en conexión operativa a través de una instalación de accionamiento con un elemento de contacto, de manera que en un ejemplo de realización especialmente preferido, el eje de accionamiento principal del manipulador de componentes está dispuesto de forma giratoria con respecto al elemento de contacto.

En un ejemplo de realización especialmente importante en la práctica, en este caso el elemento de contacto es una rueda dentada dispuesta en una envolvente axial fija estacionaria con respecto al eje de accionamiento principal, que está dentada para el accionamiento del elemento de acoplamiento con la instalación de accionamiento.

20  
25  
30

De manera especialmente preferida, en este caso el eje de conexión de la conexión giratoria de enchufe está inclinado con relación al eje de giro principal bajo un ángulo de flexión predeterminable, de manera que, por ejemplo, por una parte, es posible un movimiento asimétrico del sustrato a recubrir en el chorro de recubrimiento, de modo que también componentes configurados geométricamente asimétricos, que están provistos eventualmente con recesos, como por ejemplo palas de turbina, se pueden recubrir de una manera muy uniforme sobre todas las superficies, en particular también sobre las superficies de recesos de mala accesibilidad. Además, es posible, como se explica todavía más adelante con mayor exactitud, que puesto que los sustratos están inclinados relativamente entre sí y se giran al mismo tiempo unos con respecto a los otros alrededor de su eje de giro respectivo, secciones de la superficie diferentes sucesivas de dos sustratos están dirigidas unas hacia las otras y el material de recubrimiento se puede reflejar desde una superficie del sustrato sobre la superficie de otro sustrato, de manera que también son posibles efectos de recubrimiento en una dirección, que no corresponde a la dirección del sustrato de recubrimiento.

El elemento de acoplamiento puede estar alojado en este caso en una carcasa de cojinetes a través de un elemento de cojinete, de manera que en la carcasa de cojinetes están previstos con preferencia tres elementos de cojinete, que forman un cojinete de tres puntos.

35  
40

En un ejemplo de realización especialmente importante en la práctica, en este caso para la alimentación de un fluido de refrigeración hacia el sustrato, la placa de base está conectada a través de un elemento de conexión con el eje de accionamiento principal con preferencia de una manera fija contra giro. En la práctica, el fluido de refrigeración puede ser alimentado, por ejemplo, desde el elemento de conexión a través de un distribuidor de refrigeración dispuesto en la placa de base y un conducto de refrigeración hacia el elemento de acoplamiento y el segmento de conexión del soporte del sustrato. También el elemento de cojinete se puede refrigerar en este caso a través de contacto directo con el fluido de refrigeración en un ejemplo de realización importante para la práctica.

45

Para garantiza una conexión segura del soporte del sustrato bien del segmento de conexión con el elemento de acoplamiento, el segmento de conexión puede estar asegurado por medio de un seguro contra giro contra una rotación con respecto al elemento de acoplamiento, de manera que el seguro contra giro es de una manera especialmente preferida un pasador de seguridad cerámico, que puede estar asegurado, por ejemplo, con una cinta de seguridad prevista en el elemento de acoplamiento.

El elemento de acoplamiento está encapsulado en una cápsula en este caso, por ejemplo para la protección contra radiación de la temperatura, para la protección contra un chorro de recubrimiento o para la protección contra otras influencias nocivas, que pudieran repercutir en el estado de funcionamiento sobre el elemento de acoplamiento.

50

La invención se refiere, además, a un procedimiento para el recubrimiento utilizando un manipulador de componentes, así como a la utilización de un manipulador de componentes de la invención, en el que el sustrato es especialmente una pala de turbina para una turbina de avión, para una turbina de gas, para una turbina de vapor o para una turbina de agua.

55

El procedimiento de recubrimiento de acuerdo con la invención se refiere en este caso especialmente, pero no sólo a un procedimiento de recubrimiento para la fabricación de una capa estructurada funcional sobre un sustrato. En este caso, se inyecta en una cámara de proceso bajo una presión de proceso baja predeterminada por medio de un procedimiento de inyección de plasma un material de recubrimiento en forma de un chorro de recubrimiento sobre una superficie del sustrato, de manera que el material de recubrimiento es inyectado a la presión baja del proceso,

que es inferior a 200 mbares, en un plasma que desenfoca el chorro de recubrimiento, de manera que se genera un plasma con entalpía específica suficientemente alta, de tal manera que una porción sustancial, que representa al menos el 5 % en peso del material de recubrimiento, es transferida a la fase de vapor y se forma sobre el sustrato una capa estructurada. El sustrato a recubrir se dispone en este caso con el soporte del sustrato de forma giratoria alrededor de un eje de giro principal, de tal manera que una primera superficie del sustrato y una segunda superficie del sustrato son alineada entre sí de tal forma que al menos una parte del material de recubrimiento transferido a la fase de vapor es desviada durante la inyección del plasma desde la primera superficie del sustrato sobre la segunda superficie del sustrato.

Para el procedimiento de recubrimiento de la presente invención son esenciales en este caso, entre otros, los siguientes efectos, que se pueden realizar por primera vez a través del manipulador de componentes de acuerdo con la invención debido a la posibilidad de de posicionamiento dinámico del sustrato a través del manipulador de componentes, por ejemplo en un chorro de recubrimiento:

Por una parte, es posible mantener esencialmente la temperatura de calentamiento previo del sustrato en los límites predeterminados requeridos técnicamente también en aquellas superficies, que no están expuestas al menos temporalmente o no están expuestas directamente al chorro de recubrimiento, porque la superficies correspondientes son giradas, por ejemplo, a través de la rotación del soporte del sustrato en determinados casos al menos temporalmente o en parte fuera de la zona de influencia del chorro de recubrimiento. Este efecto positivo del mantenimiento de una temperatura de calentamiento previo distribuida de una manera muy uniforme sobre el sustrato se apoya todavía y se intensifica a través del desacoplamiento térmico muy bueno, que posibilita por primera vez el componente de acoplamiento cerámico.

Una ventana similar existe para aquellas superficies, que por razones geométrica son están expuestas nunca o sólo en una medida insuficiente al chorro de recubrimiento, porque las superficies correspondientes del sustrato están sombreada, por ejemplo, en virtud de recesos o a través de otros sustratos dispuestos sobre el soporte de sustratos total o parcialmente del chorro de recubrimiento. Este efecto de sombreado negativo conocido a partir del estado de la técnica se puede evitar en gran medida por primera vez por medio de la utilización del manipulador de componentes de acuerdo con la invención en la mayoría de los casos. Porque, en efecto, el sustrato, está posicionado de manera extremadamente flexible y dinámica en el chorro de recubrimiento, por ejemplo, a través de la disposición inclinada de los soportes de sustratos y/o la rotación del sustrato alrededor de dos ejes de giro diferentes, a saber, al mismo tiempo alrededor del eje de giro principal y alrededor de eje de conexión. Pero se entiende que en el caso de geometrías extremadamente complicadas del sustrato nunca se puede excluir totalmente el efecto de sombreado mencionado anteriormente.

Puesto que también tales superficies se pueden mantener siempre a la temperatura necesaria de calentamiento previo, se consigue de acuerdo con la invención que dos superficies de uno o de dos sustratos sean dispuestas sobre el soporte de sustratos de tal forma entre sí que una parte del material de recubrimiento, que se encuentra en la fase de vapor, es desviada o bien reflejada desde una primera superficie sobre una segunda superficie, con lo que vapor de recubrimiento caliente incide en cantidad suficiente también sobre aquellas superficies, que no son impulsadas durante un periodo de tiempo considerable o incluso nunca por el chorro de recubrimiento.

Por "periodo de tiempo considerable" se entiende en este caso un periodo de tiempo, que es tan largo que el sustrato, al menos en la zona de las superficies no impulsadas con el chorro de recubrimiento, se refrigeraría sin el efecto de reflexión de acuerdo con la invención hasta tan punto o bien nunca alcanzaría la temperatura necesaria de calentamiento previo que, cuando la superficie correspondiente es impulsada de nuevo con el chorro de recubrimiento, no sería posible ya un recubrimiento. Al menos en la calidad requerida. En este caso el "periodo de tiempo considerable" se prolonga en gran medida, puesto que a través del desacoplamiento térmico sobre el elemento de acoplamiento cerámico se ralentiza extremadamente el flujo de salida de calor cuando se utiliza un manipulador de componentes de acuerdo con la invención. Esto significa que el problema mencionado anteriormente, a parte del efecto de reflexión de acuerdo con la invención, se ha atenuado claramente simplemente ya a través del elemento de acoplamiento cerámico.

Por otra parte, sustratos muy complicados en la geometría, que presentan, por ejemplo, recesos muy marcados, con lo que aparecen superficies, que normalmente no son alcanzadas por el chorro de recubrimiento, no sólo se precalientan en una medida suficiente sino que incluso se recubren de la misma manera a través de la utilización del procedimiento de acuerdo con la invención.

En este lugar hay que observar que a tal fin se conocen precisamente diferentes procedimientos LPPS con los que también superficies sombreadas, es decir, superficies que no son impulsadas directamente por el chorro de recubrimiento, pueden ser recubiertas en principio. En oposición a otros procedimientos de recubrimiento térmico, como por ejemplo la inyección por plasma o la inyección de llama convencional, en el que las superficies a recubrir deben ser impulsadas siempre directamente por el chorro de recubrimiento. La posibilidad del recubrimiento de zonas sombreadas de la superficie por medio de LPPS se explica a este respecto ya en el documento EP 2 025 772 A1 en el ejemplo de un segmento de turbina individual, que comprende, respectivamente, varias palas de turbinas y

forma, por ejemplo, una pala doble para grupos motopropulsores de aviones altamente cargados.

Pero también esta capacidad de los procedimientos LPPS, en particular del procedimiento PS-PVD, tiene naturalmente sus límites. Sobre todo cuando se disponen varios sustratos al mismo tiempo sobre un soporte de sustratos, que están formados, además, todavía de forma complicada, como por ejemplo las palas dobles mencionadas anteriormente para turbinas de aviones altamente cargadas, no se pueden recubrir ya, con los procedimientos de recubrimiento conocidos a partir del estado de la técnica, todas las superficies a recubrir de una manera uniforme y en la calidad requerida.

A través de la disposición de acuerdo con la invención de los sustratos a recubrir sobre el manipulador de componentes se solucionan al mismo tiempo, por lo tanto, varios problemas esenciales del estado de la técnica:

Por una parte, se impide que los sustratos o partes de los sustratos se refrigieren en una medida inadmisibles cuando, por ejemplo, a través de la rotación del soporte del sustrato se extraen de una manera duradera o al menos temporalmente de la impulsión directa a través del chorro de impulsión.

En segundo lugar, zonas de la superficie del sustrato, que no se podrían precalentar en una medida suficiente sin la utilización del procedimiento de acuerdo con la invención, se pueden llevar sin problemas a la temperatura de precalentamiento necesaria, incluso cuando no están expuestas nunca durante todo el proceso de recubrimiento al chorro de recubrimiento. A tal fin, por lo demás, no es necesaria ninguna calefacción adicional, como por ejemplo en el procedimiento EP-PVD, en el que en la pared de la cámara de recubrimiento debe preverse forzosamente una calefacción adicional.

Y en tercer lugar, a través de la utilización del procedimiento de acuerdo con la invención es posible por primera vez recubrir las superficies mencionadas anteriormente y, por lo tanto, toda la superficie a recubrir de los sustratos a recubrir de una manera uniforme y en la alta calidad deseada. Además, con el procedimiento de la presente invención es posible por primera vez disponer una pluralidad de sustratos a mismo tiempo, en particular también a poca distancia entre sí sobre uno y el mismo soporte de sustratos y recubrirlos en una etapa de trabajo. De esta manera, se revela el procedimiento de recubrimiento de la presente invención como enormemente eficiente en comparación con los procedimientos conocidos a partir del estado de la técnica, en los que, respectivamente, se puede recubrir siempre solamente un único sustrato complicado al mismo tiempo en una etapa de trabajo.

A este respecto hay que resaltar que el efecto de acuerdo con la invención ni se puede conseguir con el procedimiento PVD clásico ni con un procedimiento de inyección térmica clásico ni con el procedimiento EP-PVD totalmente conocido y a este respecto era totalmente inesperado y sorprendente. Por lo tanto, ninguno de los procedimientos conocidos mencionados anteriormente podría contribuir a la solución del cometido de acuerdo con la invención o tampoco dar solamente una referencia a ello. En efecto, un reconocimiento de la presente invención es que son necesarias esencialmente dos propiedades específicas del procedimiento LPPS en general y del procedimiento PS-PVD en particular, para que el procedimiento de acuerdo con la invención se pueda emplear con éxito para el recubrimiento de sustratos de forma complicada o de varios sustratos al mismo tiempo.

En oposición del procedimiento de acuerdo con la invención, tanto en el procedimiento PVD clásico como también en el proceso EB-PVD, el transporte del material evaporado en dirección a la superficie del sustrato es un proceso de difusión, es decir, un proceso que no está dirigido o, cuando lo está, solamente tiene un carácter débilmente dirigido. Por lo tanto, también los procesos de reflexión, que aparecen eventualmente, si es que aparecen, en las superficies de los sustratos a recubrir son esencialmente no dirigidos, por lo que tienen una característica más o menos difusa. Es evidente que no es posible un calentamiento o bien un recubrimiento selectivo y suficiente de partes sombreadas de la superficie del sustrato. En efecto, se conoce a partir del proceso PVD clásico o bien del proceso EB-PVD utilizar un plato de sustrato giratorio, que está equipado al mismo tiempo con varios sustratos. Sin embargo, esto no sirve de una manera selectiva para ajustar una reflexión de un chorro de recubrimiento dirigido, como en el procedimiento de acuerdo con la invención, sino que solamente sirve para igualar ciertas inhomogeneidades de la distribución difusa el vapor del material de recubrimiento en la cámara de proceso.

Durante el recubrimiento térmico clásico, como por ejemplo en el recubrimiento de plasma clásico bajo presión relativamente alta del proceso, como por ejemplo durante la inyección con plasma a presión atmosférica o durante la inyección de plasma se utiliza, en efecto, un chorro de recubrimiento dirigido y se conoce también utilizar un soporte de sustrato giratorio, que está equipado al mismo tiempo con varios sustratos. Pero tampoco aquí es posible, en principio, el efecto de acuerdo con la invención. En los procesos de inyección térmica mencionados anteriormente, en efecto, el material de recubrimiento incide en el estado más o menos fundido, es decir, en el estado más o menos líquido, sobre la superficie del sustrato y no, como en el procedimiento de acuerdo con la invención, en la fase de vapor sobre la superficie del sustrato. Ésta es precisamente la propiedad característica de estos procesos de recubrimiento conocidos. Como ya se ha mencionado al principio, en estos procedimientos conocidos las capas están constituidas por los llamados "listones" líquidos, que se solidifican durante la incidencia sobre el sustrato desde la colada, y no por la separación de material en forma de vapor. Se entiende que cuando material esencialmente líquido incide sobre la superficie del sustrato a recubrir, prácticamente no tiene lugar ninguna

reflexión de las gotitas de líquido. En efecto, éstas se condensan cuando inciden sobre la superficie relativamente fría del sustrato inmediatamente en “listones” sólidos y se adhieren fijamente en la superficie, de manera que se excluye prácticamente una reflexión.

5 En la práctica de manera ventajosa se disponen al menos un primer sustrato, que comprende la primera superficie, y al menos un segundo sustrato, que comprende la segunda superficie, sobre el plato de sustratos y se alinean entre sí, de tal manera que al menos una parte del material de recubrimiento transferido a la fase de vapor es desviada o bien reflejada durante la inyección con plasma desde la primera superficie del primer sustrato sobre la segunda superficie del segundo sustrato, de manera que la segunda superficie del sustrato es recubierta y/o precalentada a través del material de recubrimiento desviado o bien reflejado desde la primera superficie del primer sustrato.

10 Con preferencia en este caso se ajusta una cantidad de material de recubrimiento en forma de vapor, que es desviado o bien reflejado desde la primera superficie sobre la segunda superficie, de tal manera que la segunda superficie es mantenida a una temperatura predeterminada de la superficie, cuando la segunda superficie no es impulsada directamente por el chorro de recubrimiento. A este respecto son posibles varias medidas, con las que se puede ajustar de una manera adecuada la cantidad de material de recubrimiento desviada o bien reflejada. Así, por ejemplo, se puede optimizar la orientación de la primera superficie con respecto a la segunda superficie de una manera correspondiente. O se pueden ajustar de manera correspondiente diferentes parámetro, como la potencia de calentamiento para el plasma, la presión del proceso en la cámara de proceso, la velocidad ultrasónica del chorro de recubrimiento u otros parámetros de inyección.

20 También se puede girar el plato del sustrato giratorio durante el proceso de recubrimiento alrededor del eje de giro principal y/o alrededor del eje de unión con una velocidad giratoria fijamente establecida o variable y/o se puede ajustar o regular su velocidad giratoria, de tal manera que se optimiza la cantidad de material de recubrimiento desviado o bien reflejado u otro parámetro de recubrimiento.

25 Con preferencia, para los objetos mencionados anteriormente y otros objetos, por ejemplo para atemperar los sustratos de una manera uniforme a una temperatura predeterminada. Se puede pivotar el chorro de recubrimiento en vaivén durante el proceso de recubrimiento en una zona angular espacial predeterminada de manera conocida en sí sobre el sustrato a recubrir, lo que se conoce también como “barrido” y ya se ha explicado en detalle al principio.

30 También se puede modificar una distancia entre el manipulador de componentes y una fuente de plasma que genera el plasma en un intervalo de recorrido predeterminado. Esto se puede realizar, por ejemplo, porque se modifica la posición de la fuente de plasma y/o la posición del manipulador de componentes, de tal manera que se modifica la distancia mutua entre el manipulador de componentes y la fuente de plasma o bien la pistola de inyección que contiene la fuente de plasma.

Evidentemente también es posible que el manipulador de componentes sea pivotado como un todo con relación al chorro de recubrimiento en una zona de articulación predeterminada.

35 La presión del proceso en la cámara de recubrimiento se selecciona en este caso en la práctica con frecuencia inferior a 20 mbares, con preferencia inferior a 10 mbares, en particular entre 0,1 y 2 mbares.

En general, el chorro de recubrimiento se acciona en este caso a velocidad supersónica con una velocidad del sonido entre 1.500 m/s y 3.000 m/s, con preferencia aproximadamente a 2000 m/s y/o el chorro de recubrimiento tiene una temperatura entre 4.000 K y 20.000 K, con preferencia una temperatura entre 6.000 K y 10.000 K.

40 Para la mayoría de los casos relevantes en la práctica se prepara el material de recubrimiento en este caso de manera conocida en sí en forma de un polvo de inyección.

En este caso, en un ejemplo de realización preferido, se ajustan los parámetros del proceso o bien los parámetros geométricos descritos anteriormente del aparato de recubrimiento de tal forma que se transfiere más del 10 % en peso del material de recubrimiento a la fase de vapor, con preferencia se transfiere más del 50 % en peso, de manera especial más del 80 % en peso a la fase de vapor.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención es en este caso especialmente bien adecuado para recubrir una pluralidad de palas de turbinas, en particular una pluralidad de palas dobles al mismo tiempo en un proceso de recubrimiento, de manera que la capa estructurada es en la práctica con frecuencia una capa de aislamiento térmico conocida en sí.

50 La invención se refiere, además, a un dispositivo de recubrimiento para la realización de un procedimiento de acuerdo con la invención descrito anteriormente para la fabricación de una capa estructurada funcional sobre un sustrato. El dispositivo de recubrimiento de acuerdo con la invención comprende en este caso una cámara de proceso, en la que bajo una presión de proceso baja predeterminable se puede inyectar por medio de un procedimiento de inyección de plasma un material de recubrimiento en forma de un chorro de recubrimiento sobre una superficie del sustrato, de manera que el material de recubrimiento se puede inyectar a la baja presión del

5 proceso, que es inferior a 200 mbares, en un plasma que desenfoca el chorro de recubrimiento y se puede fundir allí parcial o totalmente. En este caso, está prevista una fuente de plasma o bien una pistola de inyección que contiene una fuente de plasma, con la que se puede generar un plasma con entalpía específica suficientemente alta, de manera que una porción sustancia, que representa al menos el 5 % en peso del material de recubrimiento se puede transferir a la fase de vapor y se puede formar sobre el sustrato la capa estructurada. De acuerdo con la invención, para el posicionamiento dinámico de un sustrato a tratar en un proceso de tratamiento térmico está previsto un manipulador de componentes de acuerdo con la presente invención.

10 El dispositivo de recubrimiento de acuerdo con la invención está equipado en este caso con preferencia con el manipulador de componentes, de tal manera que el sustrato a recubrir se puede disponer sobre el manipulador de componentes de tal manera que se pueden alinear una primera superficie del sustrato y una segunda superficie del sustrato de tal manera entre sí que durante un proceso de recubrimiento al menos una parte del material de recubrimiento transferido a la fase de vapor es desviada o bien reflejada durante la inyección de plasma desde la primera superficie del sustrato sobre la segunda superficie del sustrato.

15 Se entiende por sí mismo que en ejemplos de realización especiales, el dispositivo de recubrimiento de acuerdo con la invención o bien el manipulador de componentes de acuerdo con la invención pueden estar configurados en cuanto a la construcción de manera correspondiente de tal forma que se pueden realizar de la misma manera también otras variantes del procedimiento, como se ha descrito, por ejemplo, anteriormente.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda del dibujo. En este caso:

20 La figura 1 muestra un procedimiento conocido a partir del estado de la técnica para el recubrimiento de una pala de turbina de un grupo motopropulsor de avión.

La figura 2a muestra un primer ejemplo de realización muy sencillo de un manipulador de componentes de acuerdo con la invención.

La figura 2b muestra un ejemplo de realización de acuerdo con la figura 2a en el estado desmontado.

25 La figura 3 muestra un ejemplo de realización especialmente preferido de un manipulador de componentes de acuerdo con la invención.

La figura 4a muestra el ejemplo de realización de la figura 3 sin encapsulamiento.

La figura 4b muestra una vista sobre el ejemplo de realización de la figura 4a desde la dirección I según la figura 4a.

La figura 4c muestra la figura 4a y la figura 4b, respectivamente, en una vista en perspectiva si placa de base.

30 La figura 4d muestra la placa de base con instalación de accionamiento según la figura 4a y la figura 4b, respectivamente.

La figura 4e muestra una envolvente axial con eje de accionamiento principal.

La figura 5a muestra la estructura de una carcasa de cojinetes con elemento de acoplamiento en vista en perspectiva.

La figura 5b muestra la carcasa de cojinetes según la figura 5a sin elemento de acoplamiento.

35 La figura 5c muestra un elemento de acoplamiento cerámico.

La figura 6a muestra la fabricación de la conexión giratoria de enchufe entre el soporte del sustrato y el elemento de acoplamiento.

La figura 6b muestra la conexión giratoria de enchufe entre el soporte del sustrato y el elemento de acoplamiento.

La figura 6c muestra el seguro contra giro de la conexión giratoria de enchufe por medio del pasador de seguridad.

40 La figura 6d muestra un seguro contra giro de la conexión giratoria de enchufe en representación parcialmente transparente del elemento de acoplamiento.

La figura 7 muestra un procedimiento de acuerdo con la invención para el recubrimiento simultáneo de varias palas de turbinas.

La figura 8 muestra una vista del ejemplo de realización de la figura 7 desde la dirección de la visión B.

45 La figura 1 ya se ha descrito al principio en la descripción del estado de la técnica, de manera que aquí se puede proseguir la descripción directamente con ejemplos de realización de acuerdo con la invención según la figura 2 a la

figura 8.

Con la ayuda de la figura 2a y la figura 2b se presenta en primer lugar un primer ejemplo de realización muy sencillote un manipulador de componentes de acuerdo con la invención, que se designa a continuación, en general, con el signo de referencia 1. Para la ilustración de la función de la conexión giratoria de enchufe se representa en la figura 2b el ejemplo de realización según la figura 2a en el estado desmontado, es decir, que en la figura 2b la conexión giratoria de enchufe entre el soporte del sustrato 5 y el elemento de acoplamiento 4 está suelta; el elemento de conexión 51 está extraído fuera del elemento de acoplamiento 4.

Un ejemplo de realización sencillo de un manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención según la figura 2a y la figura 2b permite solamente el alojamiento de un único soporte de sustrato 5 con sustrato 2 para el posicionamiento dinámico del sustrato 2 tratado en un proceso de tratamiento térmico. El manipulador de componentes comprende en este ejemplo de realización muy sencillo como elementos esenciales un eje de accionamiento principal 30 giratorio alrededor de un eje de giro principal 3, un elemento de acoplamiento cerámico 4 y un soporte de sustrato 5 que se puede conectar con el elemento de acoplamiento 4. De acuerdo con la presente invención, el elemento de acoplamiento cerámico 4 está conectado con el segmento de unión 51 del soporte del sustrato 5 por medio de una conexión giratoria de enchufe de forma fija contra tracción y fija contra giro con relación a un eje de unión V de la conexión giratoria de enchufe, de tal manera que el soporte del sustrato 5 está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje de unión V.

Con la ayuda de la figura 3 a la figura 6d se presenta ahora un ejemplo de realización especialmente importante en la práctica de un manipulador de componentes de acuerdo con la invención.

El manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención según la figura 3 para el posicionamiento dinámico de un sustrato 2 a tratar en un proceso de tratamiento térmico, aquí una pala doble de turbina 2, comprende un eje de accionamiento principal 30 giratorio alrededor de un eje de giro principal 3, un elemento de acoplamiento 4 y un soporte de sustrato 5 conectado con el elemento de acoplamiento 4. De acuerdo con la invención en este caso el elemento de acoplamiento 4 es un elemento de acoplamiento cerámico 4, en el que un segmento de unión 51 del soporte del sustrato 5 está conectado por medio de una conexión giratoria de enchufe de forma fija contra tracción y fija contra giro con respecto a un eje de unión C de la conexión giratoria de enchufe con el elemento de acoplamiento 4. Cada eje de unión V de la conexión de enchufe giratoria está inclinado en este caso con respecto al eje de giro principal 3 bajo un ángulo de inclinación  $\alpha$  predeterminable, de manera que el ángulo de inclinación  $\alpha$  es en la práctica la mayoría de las veces mayor o menor de  $90^\circ$ , y en un ejemplo de realización preferido tiene aproximadamente  $30^\circ$ . Con preferencia en este caso cada soporte de sustrato 5 individual es giratorio alrededor de su eje de unión V en el estado de funcionamiento y todos los soportes del sustrato 5 son giratorios en común alrededor del eje de giro principal 3 sobre el eje de accionamiento principal 30.

Como se puede ver claramente, para el alojamiento de una pluralidad de soportes de sustratos 5 está prevista una pluralidad de elementos de acoplamiento 4 con relación al eje de giro principal 3 excéntricamente en la placa de base 6.

Con se explicará todavía con mayor exactitud con la ayuda de los siguientes dibujos detallados, el elemento de acoplamiento 4 está encapsulado en una cápsula 12, por ejemplo, para la protección contra radiación de la temperatura, para la protección contra un chorro de recubrimiento BS no representado aquí o para la protección contra otras influencias perjudiciales, que podrían repercutir, en el estado de funcionamiento sobre el elemento de acoplamiento 4.

La cápsula 12 alberga en este caso como elementos esenciales para el alojamiento del elemento de acoplamiento 4 con soporte del sustrato 5, una placa de base 6 conectada fija contra giro con el eje de accionamiento principal 30, que está cubierta por medio de la cápsula 12 en la figura 2 y, por lo tanto, no se puede ver.

De la misma manera cubierta por la cápsula y, por lo tanto, no se puede ver en la figura 3, para la conducción de un fluido de refrigeración KF, la placa de base 6 está conectada fija contra giro a través del elemento de unión 32 con el eje de accionamiento principal 3, y los elementos de acoplamiento 4 están en conexión operativa para la rotación del soporte del sustrato 5 a través de una instalación de accionamiento 7 que se encuentra de la misma manera en la cápsula 12 con un elemento de contacto 8, es decir, especialmente el eje de accionamiento principal 30 está dispuesto de forma giratoria con respecto al elemento de contacto 8, de manera que el elemento de contacto 8 es de manera especialmente preferida una rueda dentada dispuesta en una envolvente axial 31, que está fija estacionaria con relación al eje de accionamiento principal 30, cuya rueda dentada está dentada para el accionamiento el elemento de acoplamiento 4 con la instalación de accionamiento 7.

Con la ayuda de las siguientes figuras 4a a 4e se describen en detalle los componentes del ejemplo de realización de un manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención según la figura 3 y la figura 2, en la medida en que están presentes en el ejemplo de realización de la figura 2.

Con la figura de la figura 4a se representa el ejemplo de realización de la figura 3 sin encapsulamiento, es decir, con

la cápsula 12 retirada, de manera que se pueden reconocer mejor los componentes en el interior de la cápsula 12, así como su colaboración. De la misma manera, por razones de claridad se han retirado los soportes de los sustratos 5 con sustratos 2.

5 Se puede reconocer claramente en primer lugar de nuevo el eje de accionamiento principal 30 giratorio alrededor del eje de giro principal 3, que está guiado a través de una envolvente axial 31 no giratoria con respecto al eje de accionamiento principal 30, es decir, fija estacionaria. El eje de accionamiento principal 30 es desplazado en rotación en este caso por un accionamiento no representado, por ejemplo por un motor eléctrico adecuado o un motor hidráulico o neumático u otro accionamiento adecuado.

10 En la envolvente axial 31, en la que está guiado, como se ha mencionado, el eje de accionamiento principal 30, está dispuesto un elemento de contacto 8 y está conectado de forma fija contra giro con la envolvente axial. El elemento de contacto 8 es aquí, por lo tanto, una rueda dentada dispuesta en la envolvente axial 31 que está fija estacionaria con respecto al eje de accionamiento principal 30, cuya rueda dentada está dentada para el accionamiento de los tres elementos de acoplamiento 4 con la instalación de accionamiento 7.

15 Los tres elementos de acoplamiento 4, que están dispuestos, respectivamente, en una carcasa de cojinete 41, están previstos sobre la placa de base 6.

La placa de base 6 está conectada de forma fija contra giro a través de un elemento de unión 32 no visible en la figura 4a con el eje de accionamiento principal 30, de manera que la placa de base 6 puede ser desplazada en rotación por el eje de accionamiento principal 30 alrededor del eje de giro principal 3.

20 Puesto que los elementos de acoplamiento 4 están acoplados en el elemento de contacto 8, respectivamente, a través de la instalación de accionamiento 7, que está, por su parte, en engrane fijo contra giro, respectivamente, con una rueda dentada 71 con el elemento de contacto 8 configurado como rueda dentada fija contra giro, los elementos de acoplamiento cerámicos 4 se desplazan de la misma manera en rotación durante la rotación de la placa de base 6 con relación al elemento de contacto 8 fijo estacionario. Este tipo de accionamiento, que representa en principio un engranaje muy sencillo, es conocido en sí por el técnico a partir de otras aplicaciones y la función del accionamiento giratorio del elemento de acoplamiento 4 puede ser comprendida por el técnico de manera inmediata y clara a partir de la figura 4a.

De la misma manera se puede reconocer el distribuidor de refrigeración 9 dispuesto sobre la placa de base 6, que está conectado por conducto a través de conductos de refrigeración KL separados, respectivamente, por medio de conexiones en las carcasas de cojinetes 31 con los componentes de acoplamiento 4.

30 Como se explicará todavía en detalle más adelante, el distribuidor de refrigeración 9 es alimentado con un fluido de refrigeración KF, por ejemplo, de forma centralizada a través del eje de accionamiento principal 30 o, como se representa en la figura 4b, a través de orificios de alimentación en el elemento de conexión 32, que es transferido entonces a través de conductos de refrigeración KL para la refrigeración de los soportes de los sustratos 5 o bien de los sustratos 2 en los elementos de acoplamiento 4. Como fluido de refrigeración KF se contempla en este caso cualquier fluido de refrigeración adecuado, en particular un gas, como nitrógeno o un gas noble o cualquier otro fluido de refrigeración KF en forma de gas o líquido adecuado para el proceso de mecanización correspondiente.

A este respecto es posible, en general, que la placa de base 6 o bien sea refrigerada igualmente por medio del fluido de refrigeración KF o, en cambio, que se creen para la refrigeración de la placa de base 6 instalaciones adicionales, que refrigeran la placa de base 6 con otro fluido de refrigeración, por ejemplo con agua o con un gas adecuado.

40 La figura 4b muestra para la ilustración de nuevo el ejemplo de realización de la figura 4a esta vez en una vista desde la dirección I según la figura 4a. En esta vista lateral se puede ver ahora claramente también el elemento de unión 32, a través de cual se alimenta el fluido de refrigeración a través de orificios de alimentación laterales u se conduce al distribuidor de refrigeración 9.

45 Aquí se puede ver también muy claramente de nuevo el modo de funcionamiento del mecanismo de accionamiento. El elemento de contacto 8 configurado como rueda dentada está atornillado de forma fija contra giro con tornillos con la envolvente axial 31 fija estacionaria. El elemento de unión 32 está atornillado de la misma manera con la envolvente axial 31 fija estacionaria o bien con el elemento de contacto 8, de manera que también el elemento de unión 32 está fijo estacionario igualmente con relación al eje de accionamiento principal 30 o bien con relación a la placa de base 6. El distribuidor de refrigeración 9 está conectado en este caso fijo contra giro con la placa de base 6 giratoria y gira al mismo tiempo con ésta en el estado de funcionamiento. El fluido de refrigeración KF es alimentado en este caso a través de un segundo conducto, a través del cual el distribuidor de refrigeración 9 y el elemento de conexión 32 están conectados de forma conductora, pero no fijos contra giro, desde el elemento de conexión fijo contra giro hacia el distribuidor de refrigeración giratorio.

55 En la figura 4c se representa para una mejor comprensión del mecanismo de accionamiento descrito anteriormente para el accionamiento de los elementos de acoplamiento 4 a través de las ruedas dentadas 71, la figura 4a y la

figura 4b de nuevo en una vista en perspectiva sin placa de base 6.

La figura 4d y la figura 4e muestran, por último, la placa de base 6 con instalación de accionamiento 7 o bien la envolvente axial 31 fija estacionaria con eje de accionamiento principal 30 según la figura 4a y la figura 4b, respectivamente, de nuevo por separado en detalle.

- 5 Como se puede deducir a partir de la figura 4d, la placa de base 6 está dispuesta de forma giratoria alrededor del eje de giro principal 3, de manera que las ruedas dentadas 71 de la instalación de accionamiento 7 están engranadas con el elemento de contacto 8 en forma de rueda dentada, de modo que una rotación de la placa de base 6 alrededor del eje de giro principal 3 desplaza los elementos de acoplamiento no representados 4 en rotación alrededor del eje de unión V.
- 10 A partir de la figura 4e se deducen claramente la estructura y la función del eje de accionamiento principal 30, que está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje de giro principal 3 dentro de la envolvente axial 31 fija estacionaria.

Con la ayuda de la figura 5a se representa de forma esquemática la estructura de una carcasa de cojinete con elemento de acoplamiento en vista en perspectiva con carcasa parcialmente recortada.

- 15 Como se puede ver claramente, el elemento de acoplamiento 4 está alojado en la carcasa de cojinete 41 a través de elementos de cojinete 42, de manera que en la carcasa de cojinete 41 están previstos tres elementos de cojinete 42, que forman un cojinete de tres puntos. Se pueden ver solamente dos elementos de cojinete en la zona recortada de la carcasa de cojinete 41. El tercer elemento de cojinete no se ve en la figura 5a, porque se encuentra debajo de la parte de la carcasa de cojinete 41, que no está recortada. El alojamiento del elemento de acoplamiento 4 sobre tres
- 20 por dos rodillos de cojinete 72 tiene la enorme ventaja de que el juego entre el elemento de acoplamiento 4 y los rodillos de cojinete 27 está bien definido. Además, están definidas de esta manera superficies de contacto relativamente pequeñas entre el elemento de acoplamiento 4 y los rodillos de cojinete 72, de manera que se transmite relativamente poco calor y, además, los cojinetes se pueden mantener pequeños, lo que ahorra de nuevo costes. Los elementos de cojinete 42 están fabricados en este caso para campos de aplicación de hasta 500°C a partir de una combinación de CrNi con una cerámica. Para temperaturas hasta aproximadamente 800°C se puede emplear, por ejemplo, una cerámica de  $\text{Si}_3\text{N}_4$  con ventaja para los elementos de cojinete 42. En principio, se contempla también  $\text{Al}_2\text{O}_3$  como material para los cojinetes, de manera que son posibles entonces incluso
- 25 temperaturas hasta 1900°C.

- 30 Las juntas de obturación que son necesarias, por ejemplo, en el cojinete o la cinta de obturación 11 que se describe todavía más adelante pueden estar fabricadas con preferencia de un tejido agujeteado, por ejemplo un tejido agujerado de 3,5 mm, lo que posibilita sin problemas temperaturas de funcionamiento de hasta 1100°C.

Los elementos de cojinete 42 se llevan en este caso a través de los conductos de refrigeración KL a contacto inmediato con el fluido de refrigeración KF y de esta manera se pueden refrigerar con el fluido de refrigeración KF.

- 35 Para la comprensión mejorada, la figura 5b muestra la carcasa de cojinete 41 según la figura 5a sin elemento de acoplamiento 4. Se pueden ver claramente los tres elementos de cojinete 42, que forman un cojinete de tres puntos para el elemento de acoplamiento 4. La carcasa de cojinete 41 puede estar revestida en este caso, por ejemplo, para la protección contra actuación de calor con un tejido agujeteado, que permite también altas temperaturas de funcionamiento hasta por ejemplo 1100°C.

- 40 La figura 5cmuestra un elemento de acoplamiento 4 para el empleo en la carcasa de cojinete 41. Se pueden reconocer claramente las ranuras de alojamiento N para el alojamiento de los rodillos de cojinete 72. Igualmente bien se puede reconocer el orificio de paso DG a través del fluido de refrigeración al interior del elemento de acoplamiento 4. La zona inferior WZ de acuerdo con la representación del elemento de acoplamiento sirve para el alojamiento de una rueda dentada, que está constituida con preferencia de metal y que realiza el acoplamiento en la instalación de accionamiento 7. El elemento de acoplamiento está fabricado, por ejemplo, de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  o de otra cerámica técnica adecuada, figura 5c. Se puede reconocer claramente el orificio 400 más o menos rectangular en la
- 45 parte superior del elemento de acoplamiento 4 de acuerdo con la representación, cuyo orificio 400 sirve para el alojamiento del segmento de unión 51 del soporte de sustratos 5 y, por lo tanto, para la formación de la conexión giratoria de enchufe entre soporte del sustrato 5 y el elemento de acoplamiento 4.

- 50 De la misma manera se pueden reconocer los taladros 101 para los pasadores de seguridad cerámicos del seguro contra giro 10, así como las ranuras de seguridad 111 para la cinta de seguridad 11 para el seguro de los pasadores de seguridad cerámicos en los taladros 101, que se describe ahora todavía en detalle en las figuras 6a a 6d siguientes.

- 55 Con la ayuda de la figura 6a debe ilustrarse cómo se establece la conexión giratoria de enchufe entre el segmento de unión 51 del soporte del sustrato 5 y el elemento de acoplamiento 4. Como ya se ha mencionado, el elemento de acoplamiento tiene, por ejemplo, un orificio 400 aproximadamente rectangular, en el que se puede insertar el

elemento de conexión. En este caso, el orificio 400 puede tener evidentemente también cualquier otra forma adecuada. El elemento de unión 51 tiene en este caso una pieza de cierre 511 de la misma manera aproximadamente rectangular, o bien cualquier forma adecuada, que permite que la pieza de cierre 511 se pueda insertar aproximadamente en unión positiva en una orientación determinada en el orificio 400 del elemento de acoplamiento 4. La pieza de unión 51 está configurada en este caso en el presente ejemplo hueca, de manera que durante la inserción en el orificio 400 puede ser recibida posicionada a través del pasador de guía 401. El pasador de guía 401 puede estar constituido, por ejemplo, de SiO<sub>2</sub> (calidad de cuarzo) o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> o de otro material resistente a alta temperatura. Cuando la pieza de unión 51 está insertada a una profundidad predeterminable en el orificio 400, se gira el soporte del sustrato 5 o bien la pieza de unión 51 alrededor de un ángulo determinado, por ejemplo alrededor de 90° o 180° o alrededor de otro ángulo, con lo que se limita la pieza de cierre 511 con una ranura de cierre en el interior del orificio 400 de una manera conocida en sí, de tal forma que la pieza de un ión 51 está amarrada de forma fija enchufada en el orificio 400. Esto significa que la pieza de unión 51 no es móvil ya esencialmente en la dirección del eje de unión. Este estado se representa en la figura 6b.

Como se puede deducir igualmente a partir de la figura 6a, el pasador de guía 401 tiene un taladro central, a través del cual se puede conducir el fluido de refrigeración KF a través de la pieza de unión 51 hasta el soporte del sustrato 5. En este ejemplo de realización especial según la figura 6b el soporte del sustrato 5 está configurado de tal forma que el fluido de refrigeración KF se puede conducir en adelante a un interior del sustrato 2, que es aquí una pala de turbina, y de esta manera refrigera el sustrato 2, por ejemplo, durante un proceso de recubrimiento térmico. El fluido de refrigeración KF circula a través del sustrato 2 y circula, como se indica por medio de las dos flechas KF, finalmente desde el sustrato 2 hasta el entorno, por ejemplo a la cámara de proceso, en la que se recubre precisamente el sustrato 2.

Cuando, por ejemplo, los sustratos 2 a recubrir son palas de turbinas, entonces en estas palas de turbinas están configurados con frecuencia unos taladros de refrigeración, a través de los cuales se conduce en el estado de funcionamiento de las palas de la turbina la mayoría de las veces un gas de refrigeración, de manera que se refrigera mejor la pala. Se entiende que estos taladros de refrigeración no deben ser cerrados por el material de recubrimiento durante el proceso de recubrimiento. Por lo tanto, en un procedimiento de recubrimiento de acuerdo con la invención, el fluido de refrigeración KF se descarga con preferencia a través de los taladros de refrigeración mencionados anteriormente, lo que tiene el efecto positivo de que el fluido de refrigeración KF, que circula a través de los taladros de refrigeración de la pala de la turbina, los mantiene libres del material de recubrimiento.

Está claro que la pieza de unión 51 en el orificio 400 debe asegurarse ahora todavía contra giro alrededor del eje de unión V, lo que se explica brevemente con la ayuda de la figura 6c. En otro caso podría suceder que la pieza de unión 51 se gire en el orificio 400 de tal manera que se puede deslizar de nuevo fuera del orificio 400.

Para impedir una rotación de la pieza de unión 51, en el elemento de acoplamiento 4 y en la pieza de unión 51 están previstos unos taladros radiales 101, que se corresponden entre sí en el estado montado de la pieza de unión 51 en el orificio 400, de tal manera que se puede insertar un seguro contra giro 10, por ejemplo en forma de un pasador de seguridad metálico o cerámico en los taladros 101 del elemento de acoplamiento 4 y de la pieza de unión 51, de manera que los pasadores de seguridad imposibilitan una rotación alrededor del eje de unión V de la pieza de unión 51 contra el elemento de acoplamiento 4. Los pasadores de seguridad pueden estar fabricados, por ejemplo, de un acero CrNi o de otro material adecuado.

En la figura 6d, en la que se representa de forma transparente una parte superior según la representación del elemento de acoplamiento 4, se puede ver claramente cómo los seguros contra giro 10, es decir, los pasadores de seguridad 10, aseguran contra giro. Para que los pasadores de seguridad en el estado de funcionamiento no se puedan soltar de los taladros radiales, es decir, que no puedan resbalar hacia fuera, los pasadores de seguridad están asegurados según la figura 6d todavía con una cinta de seguridad 11, que está prevista en la dirección circunferencial alrededor del elemento de acoplamiento 4 en la ranura de seguridad 111 y de esta manera se impide eficazmente un desplazamiento radial de los pasadores de seguridad 10.

Se entiende en este caso por sí mismo que según el requerimiento en un manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención, o bien se disponen uno o varios soportes del sustrato 5, por ejemplo según la figura 6b sobre un elemento de acoplamiento 4 giratorio y, por lo tanto, es giratorio adicionalmente alrededor del eje de unión, y todos los otros soportes de sustratos son soportes de sustratos conocidos en sí, que están dispuestos fijos contra giro con relación al manipulador de componentes 1, es decir, que no son giratorios adicionalmente alrededor de un eje de unión V. O, en cambio, lo que será el caso con preferencia en la práctica, todos los soportes de sustratos 5 están dispuestos, por ejemplo según la figura 6b sobre un elemento de acoplamiento giratorio 4 y de esta manera son giratorios adicionalmente alrededor del eje de unión V.

En la figura 7 y en la figura 8, respectivamente, se representa de forma esquemática un procedimiento de acuerdo con la invención para el recubrimiento simultáneo de varios sustratos 2, que son aquí palas de turbinas 2, por medio de un manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención. Por razones de claridad, en la figura 7 y en la figura 8 se ha prescindido de la representación de detalles del manipulador de componentes de acuerdo con la

invención. En el manipulador de componentes 1 de la figura 7 y de la figura 8, respectivamente, se puede tratar, por ejemplo, de un manipulador de componentes según la figura 3, pudiendo recubrirse aquí al mismo tiempo, en lugar de tres, por ejemplo cuatro sustratos 2.

5 En las palas de turbina 2 según la figura 7 y según la figura 8, respectivamente, se trata de las llamadas palas dobles 2 conocidas en sí para turbinas de aviones altamente cargadas. Por razones de claridad no se ha representado en detalle la cámara de proceso y se muestran a modo de ejemplo cuatro palas de turbinas 2 sobre el manipulador de componentes 1. La figura 8 es en este caso una vista de la figura 7 desde la dirección de la visión B y sirve solamente para la mejor comprensión del mecanismo de la reflexión del material de recubrimiento 200. Por lo tanto, la descripción siguiente se refiere al mismo tiempo a la figura 7 y a la figura 8.

10 Se entiende que en la práctica se pueden prever también menos de cuatro sustratos 2 sobre el manipulador de componentes 1. Pero precisamente una ventaja del procedimiento de acuerdo con la invención así como del manipulador de componentes 1 es que se pueden recubrir al mismo tiempo más que cuatro sustratos 2, lo que hace enormemente eficiente el procedimiento de la presente invención.

15 Con la ayuda de la figura 7 se representa de forma esquemática, por lo tanto, un ejemplo de realización preferido de un dispositivo de recubrimiento de acuerdo con la invención o bien de un procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de una capa estructurada funcional 20 sobre un sustrato 2, en cuyo procedimiento en una cámara de proceso bajo una presión baja de proceso P predeterminada, por medio de un procedimiento de inyección de plasma, que es aquí un procedimiento PS-PVD ya descrito al principio, se inyecta un material de recubrimiento 200 en forma de un chorro de recubrimiento BS sobre una superficie 211, 212 del sustrato 2. En este caso, el material de recubrimiento 200 es inyectado a la presión baja del proceso P, que está en el presente ejemplo en 1 mbar aproximadamente, en un plasma que desenfoca el chorro de recubrimiento BS y se funde allí parcial o totalmente, de manera que se genera un plasma con entalpía específica suficientemente alta, de manera que una porción sustancial del material de recubrimiento 200 es transferida a la fase de vapor. La porción sustancial de material evaporado está aquí, por ejemplo, por encima del 60 % en peso. Sobre el sustrato 2 se forma la capa estructurada 20. De acuerdo con la invención, los sustratos 2 a recubrir están dispuestos en este caso sobre un manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención descrito anteriormente, de tal manera que una primera superficie 211 del sustrato 2 y una segunda superficie 212 del sustrato 2 son alineadas entre sí sobre el manipulador de componentes 1, de tal manera que al menos una parte del material de recubrimiento 200 transferido a la fase de vapor es desviado o bien reflejada durante la inyección de plasma desde la primera superficie 211 del primer sustrato 2 sobre la segunda superficie 212 del segundo sustrato 212, de manera que la segunda superficie 212 es recubierta a través del material de recubrimiento 200 en forma de vapor desviada o bien reflejada desde la primera superficie 211 y se alimenta al mismo tiempo con energía térmica y de esta manera se mantiene a una temperatura suficiente.

25 El proceso de la reflexión del material de recubrimiento 200 en forma de vapor se puede ver especialmente bien en este caso en la vista de la figura 8. Se puede reconocer bien cómo se han dispuesto y se han alineado entre sí la primera superficie 211 y la segunda pala de turbina 2, que comprende la segunda superficie 212, sobre el manipulador de componentes, de tal manera que una parte del material de recubrimiento 200 transferido a la fase de vapor es desviada bien reflejada durante la inyección de plasma desde la primera superficie 211 del primer sustrato sobre la segunda superficie 212 del segundo sustrato y se puede recubrir óptimamente de esta manera también esta zona sombreada con relación al chorro de recubrimiento BS.

30 En este caso, uno o varios de los sustratos 2, como se han descrito anteriormente, pueden ser giratorios todavía adicionalmente a la rotación del manipulador de componentes 1 alrededor de su eje de giro principal 3 alrededor del eje de unión V, de manera que diferentes superficies 211, 212 se oponen alternando con efecto reflectante, de modo que se puede realizar la reflexión desde la primera superficie 211 sobre la segunda superficie 212 de forma sucesiva bajo diferentes ángulos, con lo que se pueden fabricar las capas estructuradas funcionales formadas de una manera todavía más uniforme y todavía de mejor calidad.

35 De acuerdo con el requerimiento, entonces sobre un manipulador de componentes 1 de acuerdo con la invención o bien se pueden disponer uno o varios soportes de sustratos 5, por ejemplo según la figura 6b sobre un elemento de acoplamiento 4 giratorio y, por lo tanto, adicionalmente rotatorio alrededor del eje de unión V, y todos los otros soportes de sustratos son soportes de sustratos conocidos en sí, que están dispuestos simplemente fijos contra giro con respecto al manipulador de componentes 1, es decir, que no son giratorios adicionalmente alrededor de un eje de unión V. O, en cambio, lo que en la práctica sería con preferencia el caso, todos los soportes de sustratos 5, por ejemplo, según la figura 6b está dispuestos sobre un elemento de acoplamiento rotatorio 4 y, por lo tanto, son giratorios adicionalmente alrededor del eje de unión V.

40 En este caso, la cantidad de material de recubrimiento 200 en forma de vapor, que es desviada o bien reflejada desde la primera superficie 211 sobre la segunda superficie 212, se ajusta de tal manera que la segunda superficie 212 es mantenida también entonces a una temperatura predeterminada de la superficie y se recubre en una medida suficiente, cuando la segunda superficie 212 no es impulsada directamente por el chorro de recubrimiento BS, por ejemplo porque, como se muestra en la figura 7 y en la figura 8, el manipulador de componentes 1 es girado durante

el proceso de recubrimiento alrededor del eje de giro principal 3 con una velocidad de giro VD predeterminada.

5 Adicionalmente a la rotación del manipulador de componentes 1 alrededor del eje de giro principal 3 o bien del sustrato 2 alrededor del eje de unión V, el chorro de recubrimiento BS puede ser pivotado en vaivén, como se muestra de forma ejemplar en la figura 7 o bien la figura 8, durante el proceso de recubrimiento en una zona angular espacial  $\Omega$  predeterminada sobre el sustrato 2 a recubrir, con lo que se consigue una impulsión todavía más uniforme de los sustratos 2 con el chorro de recubrimiento BS, al mismo tiempo se reduce al mínimo el tiempo en el que un sustrato 2 no está expuesto directamente al chorro de recubrimiento BS, de manera que se consigue también una atemperación todavía más uniforme de los sustratos 2.

10 Además, en el presente ejemplote realización, se puede ajustar una distancia entre el manipulador de componentes 1 y una fuente de plasma Q, que genera un plasma, en un intervalo de recorridos X, Y predeterminado en una o varias direcciones espaciales, o bien siendo desplazada la fuente de plasma Q a lo largo del recorridos en una o varias direcciones espaciales y/o siendo modificada la posición del manipulador de componentes a lo largo del recorrido Y en una o varias direcciones espaciales.

15 Además, el manipulador de componentes 1 se puede pivotar en el ejemplo de realización especial de la figura 7 o bien de la figura 8 con respecto al chorro de recubrimiento BS en una zona de articulación  $\Theta$  predeterminada.

20 Como material de recubrimiento 200 se utiliza, por ejemplo, un polvo de inyección de grano fino conocido en sí para la formación de una capa de aislamiento térmico sobre las palas de turbinas 2, de manera que el chorro de recubrimiento propiamente dicho es impulsado a velocidad supersónica con una velocidad del sonido, que es aquí aproximadamente 2.000 m/s, pudiendo configurarse ondas del tipo de choque o estados del tipo de choque en el chorro de recubrimiento 6. El chorro de recubrimiento 6 tiene en el presente ejemplo una temperatura entre 6.000 K y 10.000 K.

Se entiende a este respecto por sí mismo que la invención no está limitada a los ejemplos de realización descritos y en particular los ejemplos de realización de acuerdo con la invención descritos en el marco de esta solicitud se pueden combinar evidentemente también en cualquier forma adecuada.

25

30

35

40

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Manipulador de componentes para el posicionamiento dinámico de un sustrato (2) que debe tratarse en un proceso de tratamiento térmico, en el que el manipulador de componentes comprende un eje de accionamiento principal (30) giratorio alrededor de un eje de giro principal (3), un elemento de acoplamiento (4) y un soporte del sustrato (5), que se puede conectar con el elemento de acoplamiento (4), **caracterizado** porque el elemento de acoplamiento (4) es un elemento de acoplamiento cerámico (4) y un segmento de conexión (51) del soporte del sustrato (5) está dispuesto de manera que se puede conectar por medio de una conexión giratoria de enchufe de forma fija contra tracción y fija contra giro con relación a un eje de conexión (V) de la conexión giratoria de enchufe con el elemento de acoplamiento (4) y el soporte de sustrato (5) está dispuesto de forma giratoria alrededor del eje de conexión (V).
- 10 2.- Manipulador de componentes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que para el alojamiento del elemento de acoplamiento (4) con soporte de sustrato (5) está prevista una placa de base (6) conectada de forma fija contra giro con el eje de accionamiento principal (30).
- 15 3.- Manipulador de componentes de acuerdo con la reivindicación 2, en el que para la alimentación de un líquido refrigerante (KF), la placa de base (6) está conectada de forma fija contra giro a través de un elemento de conexión (32) con el eje de accionamiento principal (3).
- 20 4.- Manipulador de componentes de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que para el alojamiento de una pluralidad de soportes de sustratos (5) está prevista una pluralidad de elementos de acoplamiento (4) con relación al eje de giro principal (3) excéntricamente en la placa de base (6).
- 5.- Manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el elemento de acoplamiento (4) está en conexión operativa para la rotación del soporte del sustrato (5) a través de una instalación de accionamiento (7) con un elemento de contacto (8).
- 25 6.- Manipulador de componentes de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el eje de accionamiento principal (30) está dispuesto de forma giratoria con relación al elemento de contacto (8).
- 7.- Manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 ó 6, en el que el elemento de contacto (8) es una rueda dentada dispuesta en una envolvente axial (31) que está fija con relación al eje de accionamiento principal (30), cuya rueda dentada está dentada para el accionamiento el elemento de acoplamiento (4) con la instalación de accionamiento (7).
- 30 8.- Manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el eje de conexión (V) de la conexión giratoria de enchufe está inclinado con relación al eje de giro principal (3) bajo un ángulo de inclinación ( $\alpha$ ) predeterminable.
- 35 9.- Manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 8, en el que el fluido de refrigeración (KF) se puede conducir desde el elemento de conexión (32) a través de un distribuidor de refrigeración (9) dispuesto sobre la placa de base (6) y un conducto de refrigeración (KL) hacia el elemento de acoplamiento (4) y el segmento de conexión (51) del soporte de sustrato (5).
- 40 10.- Manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de acoplamiento (4) está alojado en una carcasa de cojinete (41) a través de un elemento de cojinete (42), en el que en la carcasa de cojinete (41) están previstos tres elementos de cojinete (42), que forman un cojinete de tres puntos y en el que el elemento de cojinete (42) se pueden refrigerar a través de contacto inmediato con el fluido de refrigeración (KF).
- 45 11.- Manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segmento de conexión (51) está asegurado por medio de un seguro contra giro (10) contra una rotación con relación al elemento de acoplamiento (4), en el que el seguro contra giro (10) es en particular un pasador de seguridad metálico o cerámico, que está asegurado con una cinta de seguridad (11) prevista en el elemento de acoplamiento (4).
- 12.- Procedimiento de recubrimiento utilizando un manipulador de componentes (1), de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 11.
- 50 13.- Procedimiento de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 12 para la fabricación de una capa (20) estructurada funcional, sobre un sustrato (2), en el que en una cámara de proceso bajo una presión de proceso (P) baja predeterminada por medio de un procedimiento de inyección de plasma se inyecta un material de recubrimiento (200) en forma de un chorro de recubrimiento (BS) sobre la superficie del sustrato (2), en el que el material de recubrimiento (200) a la baja presión del proceso (P), que es inferior a 200 mbares, es inyectado en un plasma que desenfoca el chorro de recubrimiento (BS), y se genera un plasma con entalpía específica suficientemente alta, de manera que una porción sustancial, que representa al menos el 5 % en peso, del material de recubrimiento (200) es

5 transferido a la fase de vapor y se forma sobre el sustrato (2) la capa estructurada (20), en el que el sustrato (2) a recubrir con el soporte del sustrato (5) se dispone de forma giratoria alrededor de un eje de giro principal (3), de tal manera que la primera superficie (211) del sustrato (2) y una segunda superficie (212) del sustrato se alinean entre sí de tal manera que al menos una parte del material de recubrimiento (200) transferido a la fase de vapor es desviado durante la inyección del plasma desde la primera superficie (211) del sustrato (2) sobre la segunda superficie (212) del sustrato (2).

10 14.- Dispositivo de recubrimiento para la realización de este procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13 para la fabricación de una capa estructurada funcional (20) sobre un sustrato (2), cuyo dispositivo de recubrimiento comprende una cámara de proceso, en la que bajo una presión de proceso (P) baja predeterminable por medio de un procedimiento de inyección de plasma se puede inyectar un material de recubrimiento (200) en forma de un chorro de recubrimiento (BS) sobre una superficie del sustrato (2), en el que el material de recubrimiento (200) se puede inyectar a la baja presión de proceso (P), que es inferior a 200 mbares, en un plasma que desenfoca el chorro de recubrimiento (BS) y se puede fundir allí parcial o totalmente, y está prevista una fuente de plasma (Q) o bien una pistola de inyección que contiene una fuente de plasma (Q), con la que se puede generar un plasma con entalpía  
15 específica suficientemente alta, de manera que una porción sustancia, que representa al menos el 5 % en peso, del material de recubrimiento (200) se puede transferir a la fase de vapor y se puede formar sobre el sustrato (2) la capa estructurada (20), **caracterizado** por que para el posicionamiento dinámico del sustrato (2) a tratar está previsto un manipulador de componentes de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11.

20 15.- Utilización de un manipulador de componentes (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11 o un dispositivo de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 14 para el recubrimiento de u sustrato (2) con un procedimiento de recubrimiento de acuerdo con la reivindicación 1 2ó 13, en el que el sustrato (2) es con preferencia una pala de turbina para una turbina de avión, para una turbina de gas, para una turbina de vapor o para una turbina de agua.

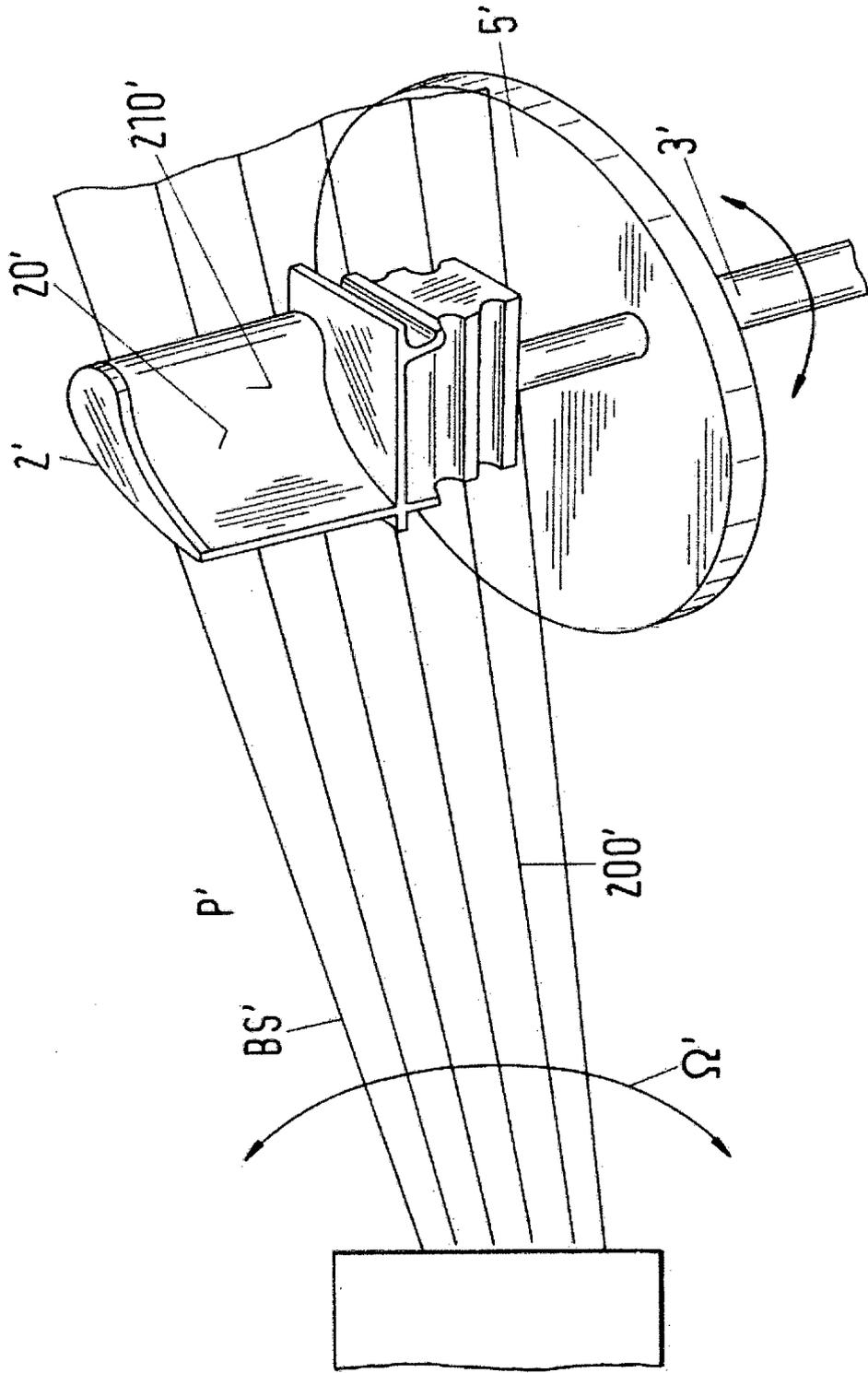


Fig.1

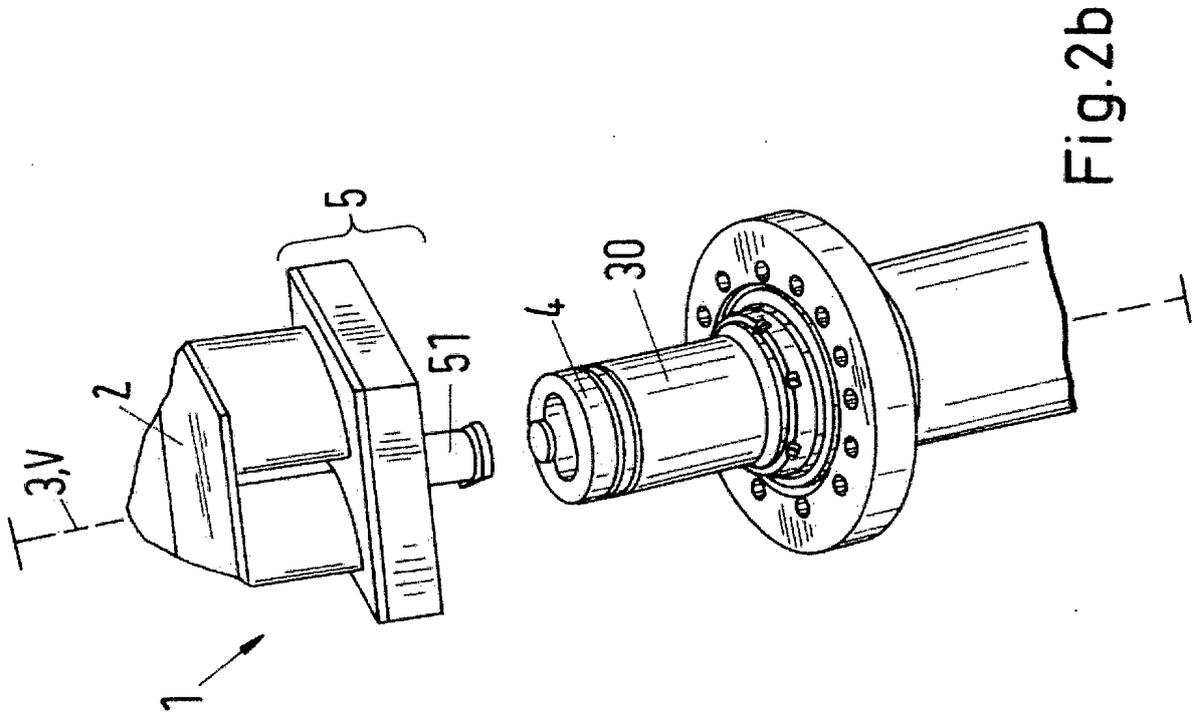


Fig. 2b

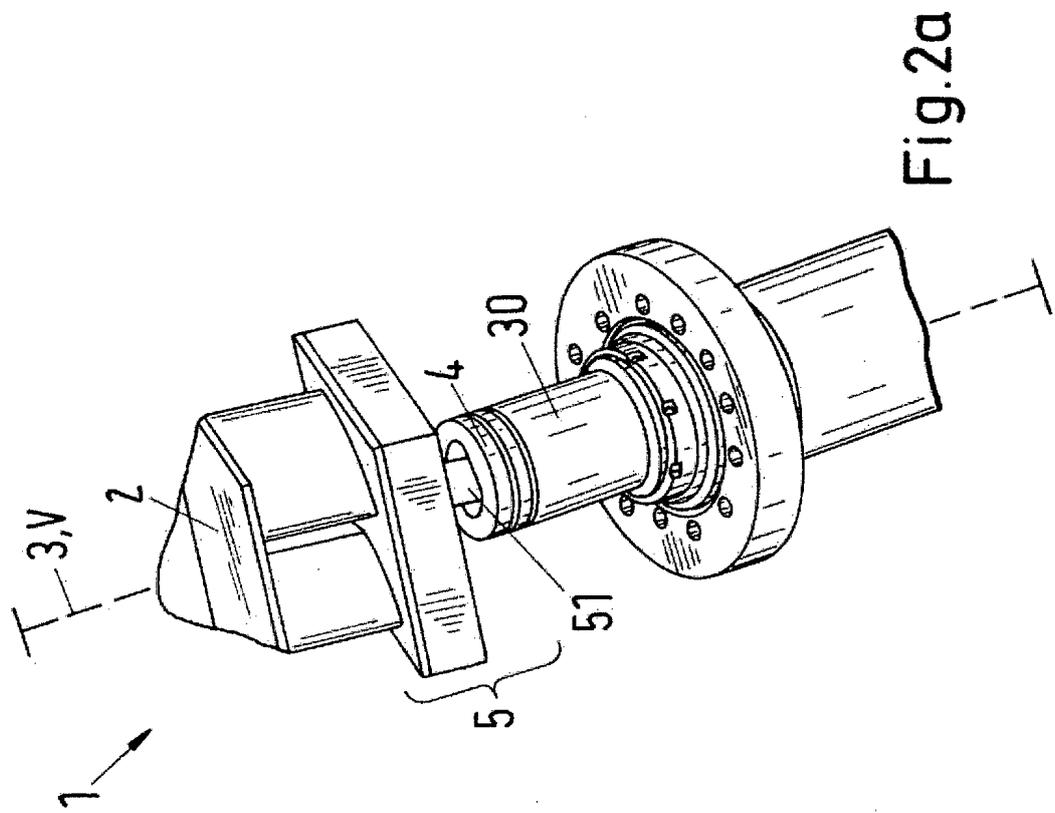


Fig. 2a

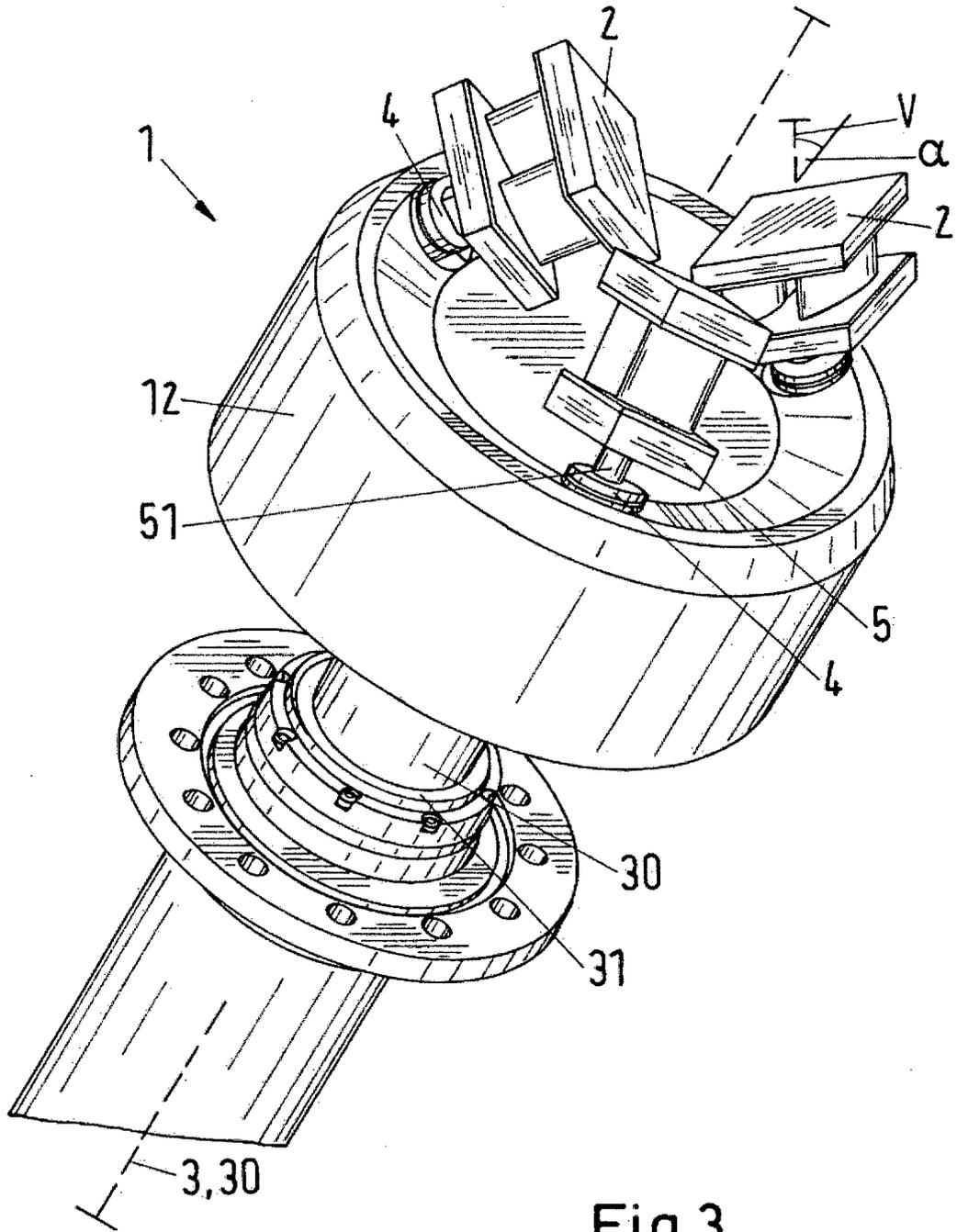


Fig.3



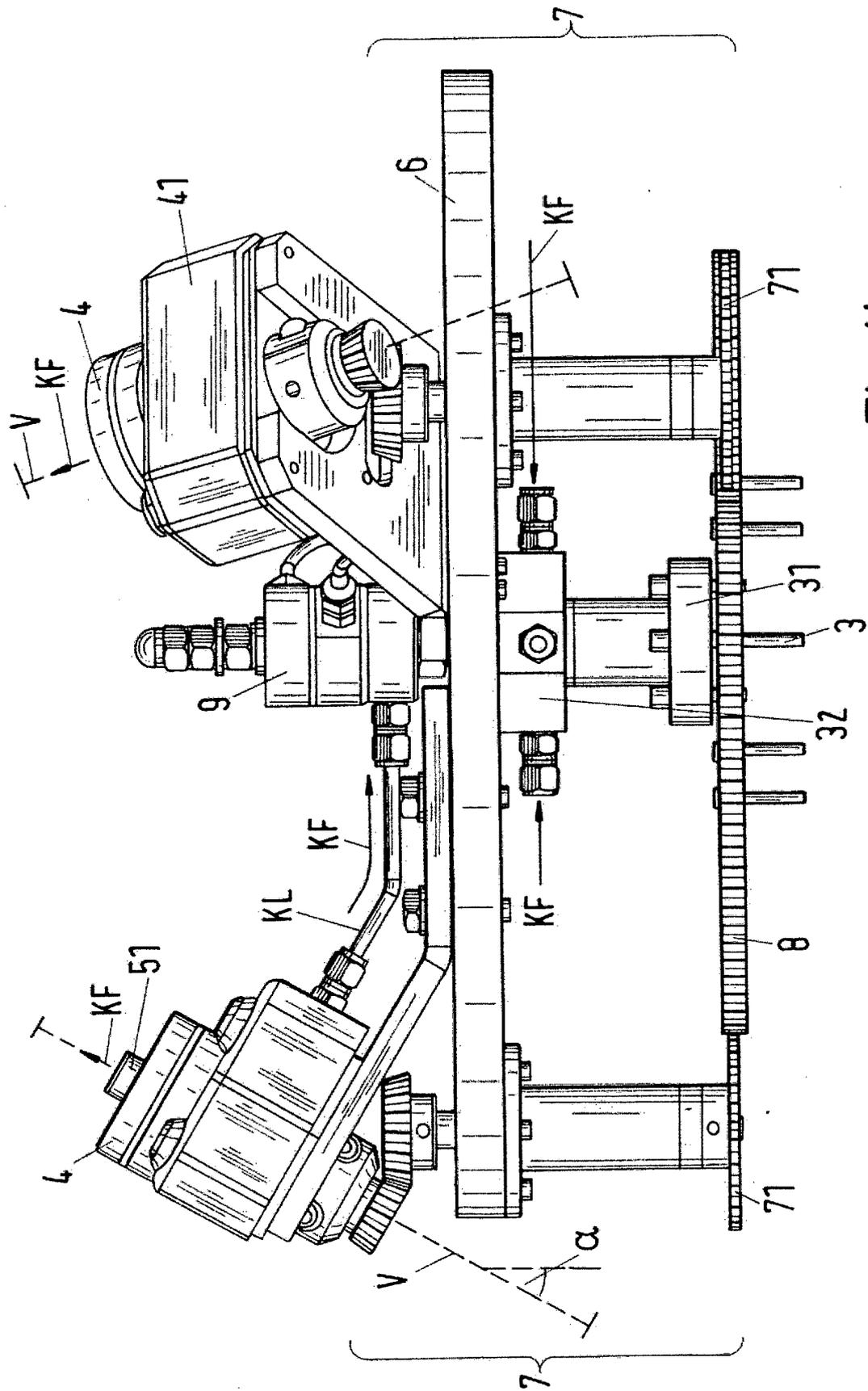


Fig. 4b

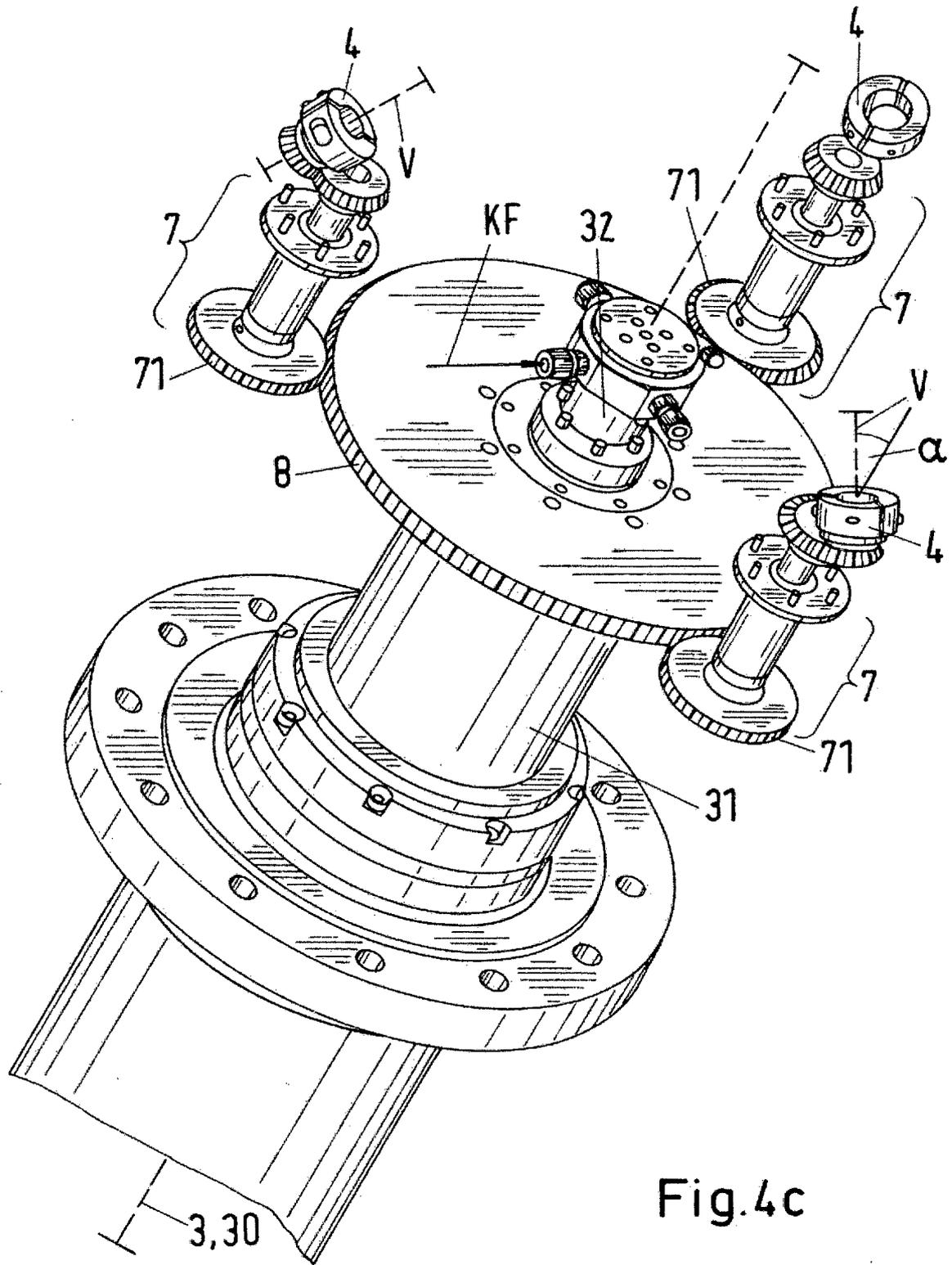


Fig.4c

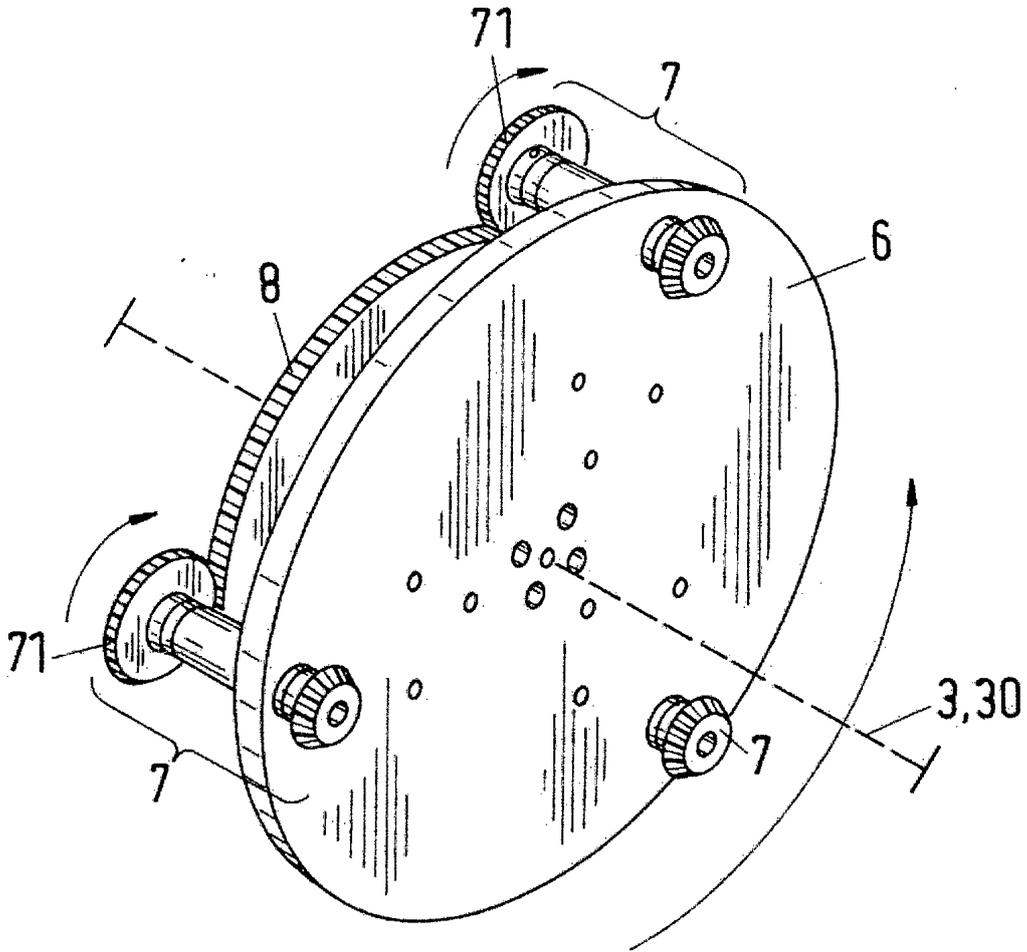


Fig.4d

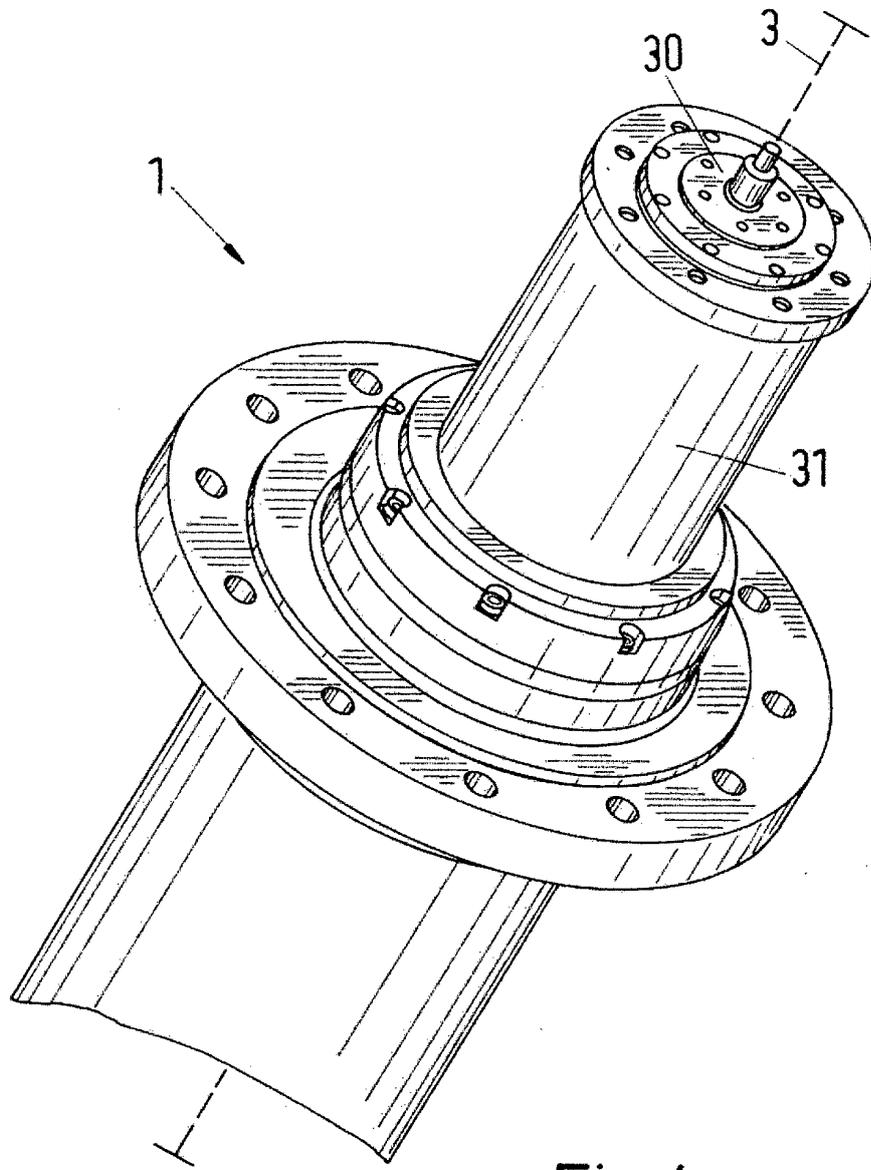


Fig.4e

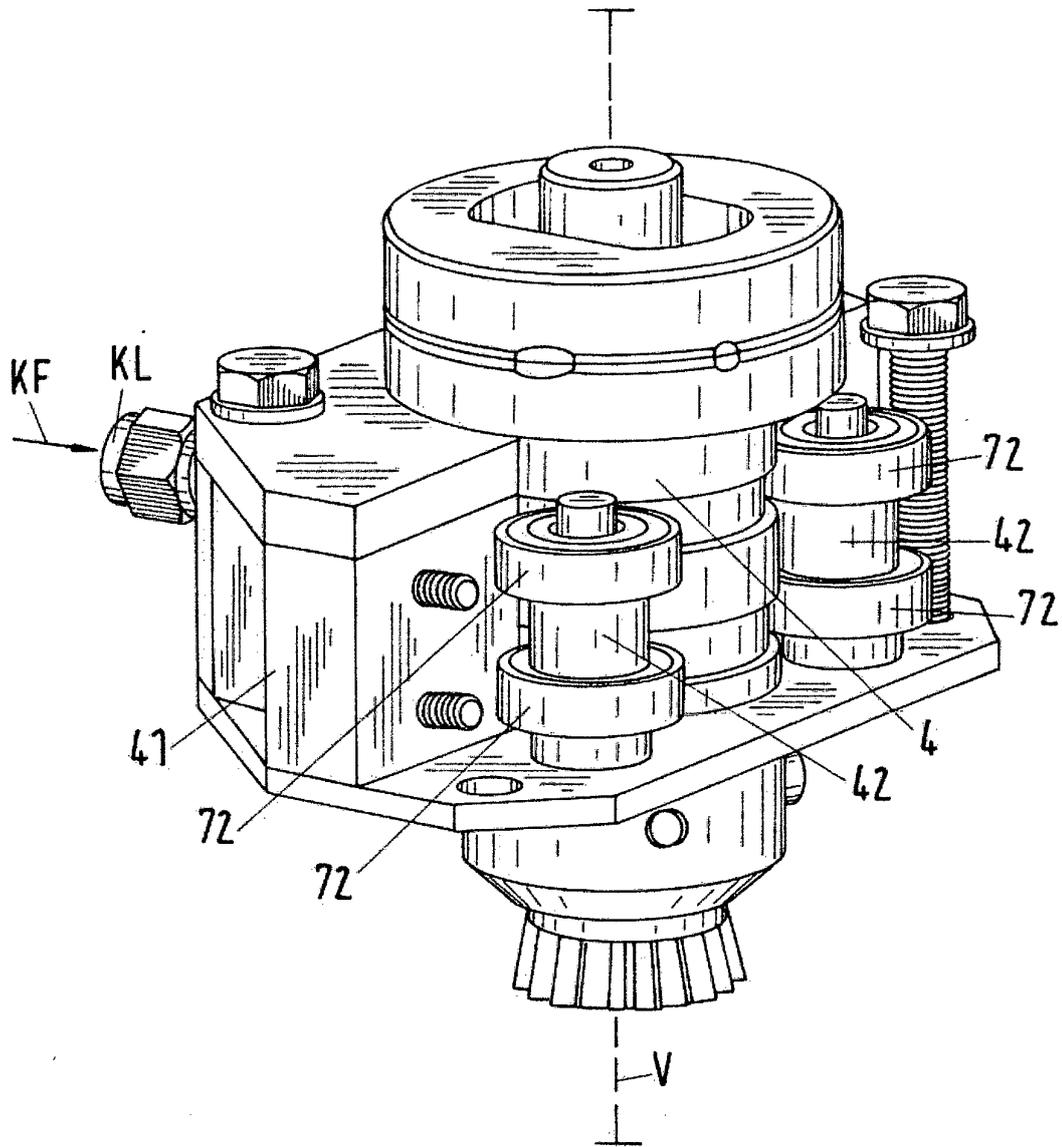


Fig.5a

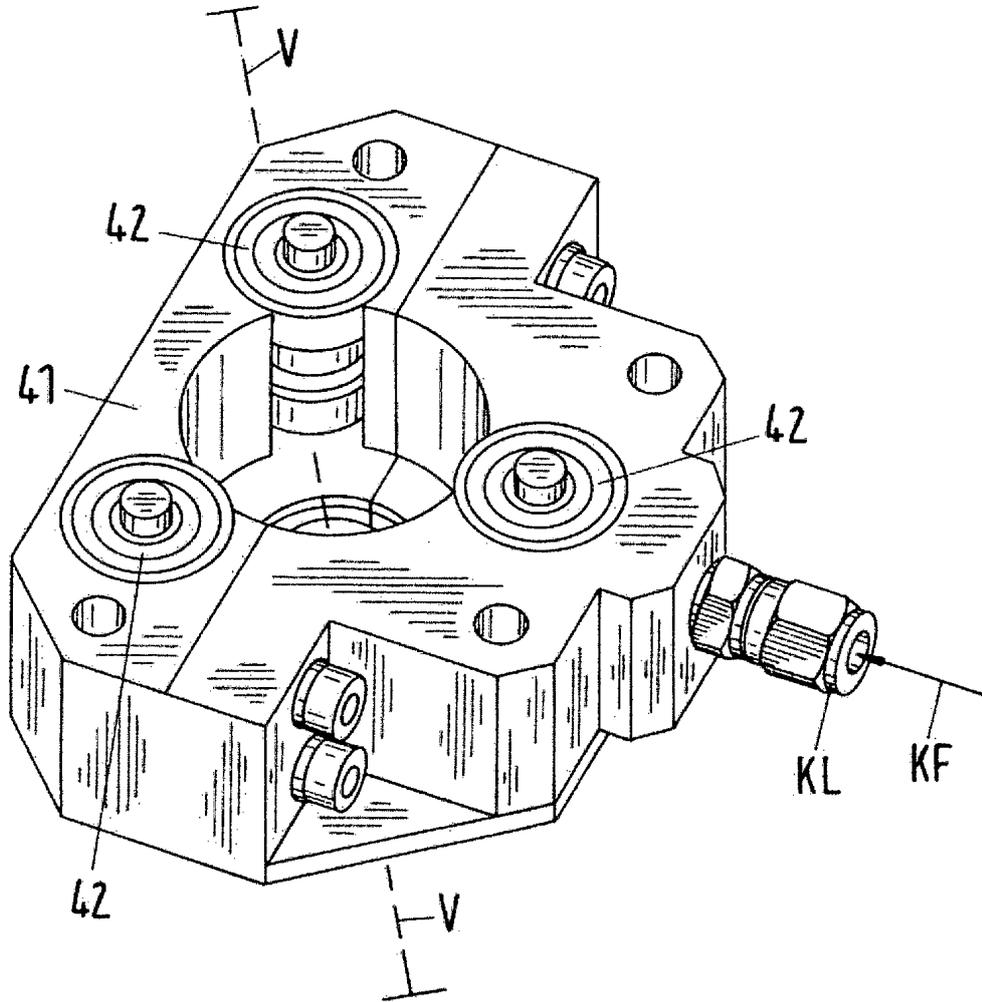


Fig.5b

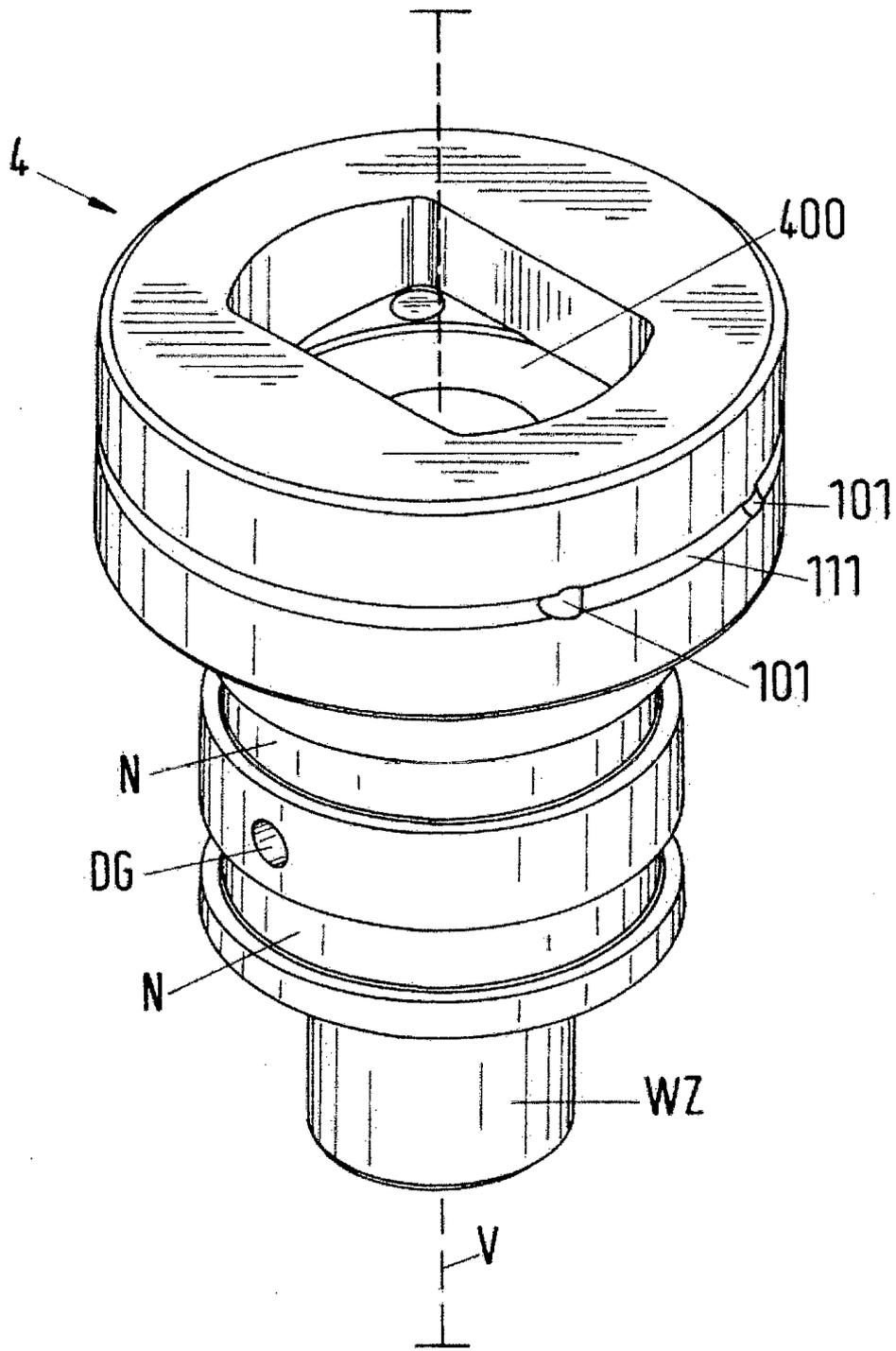


Fig.5c

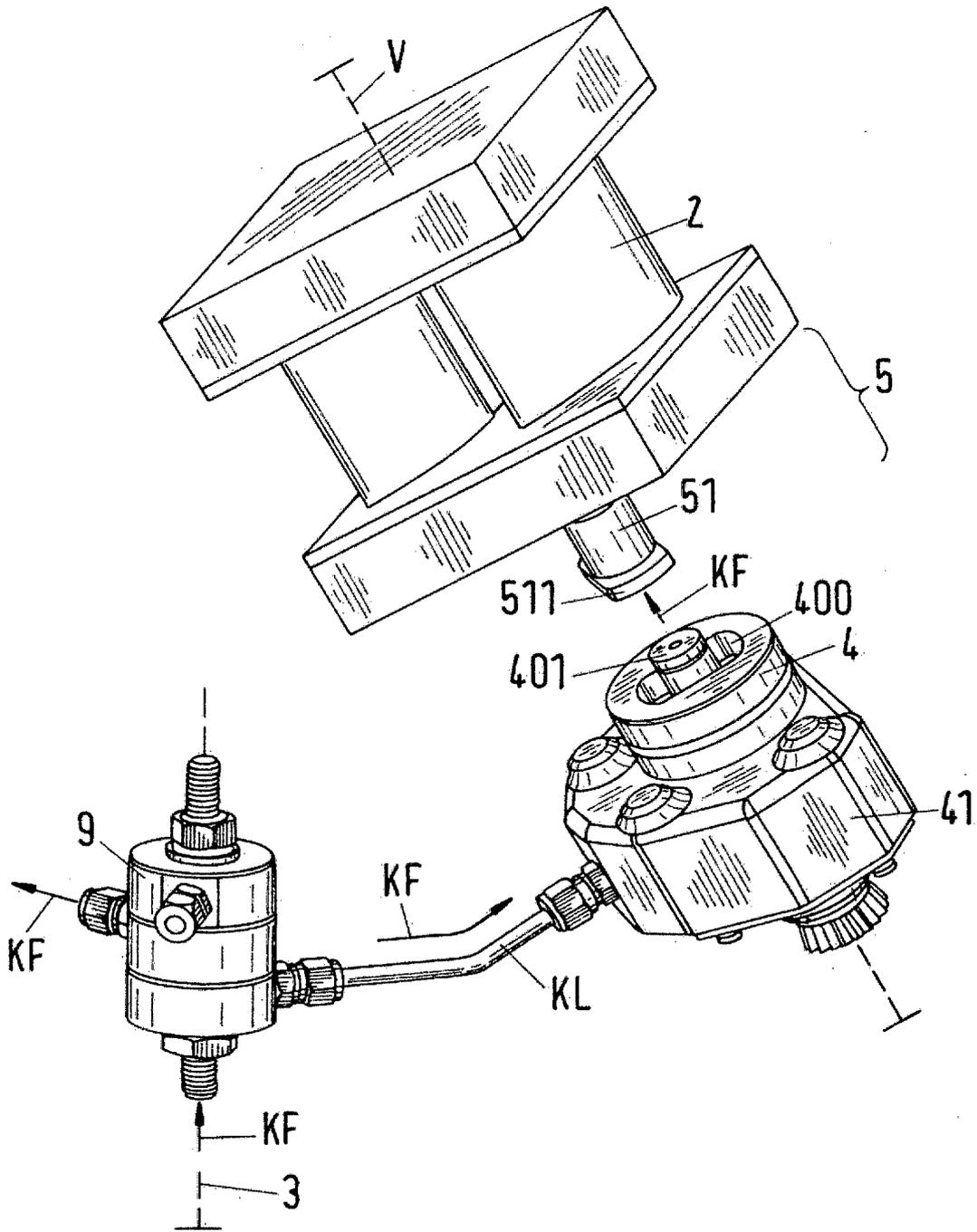


Fig.6a

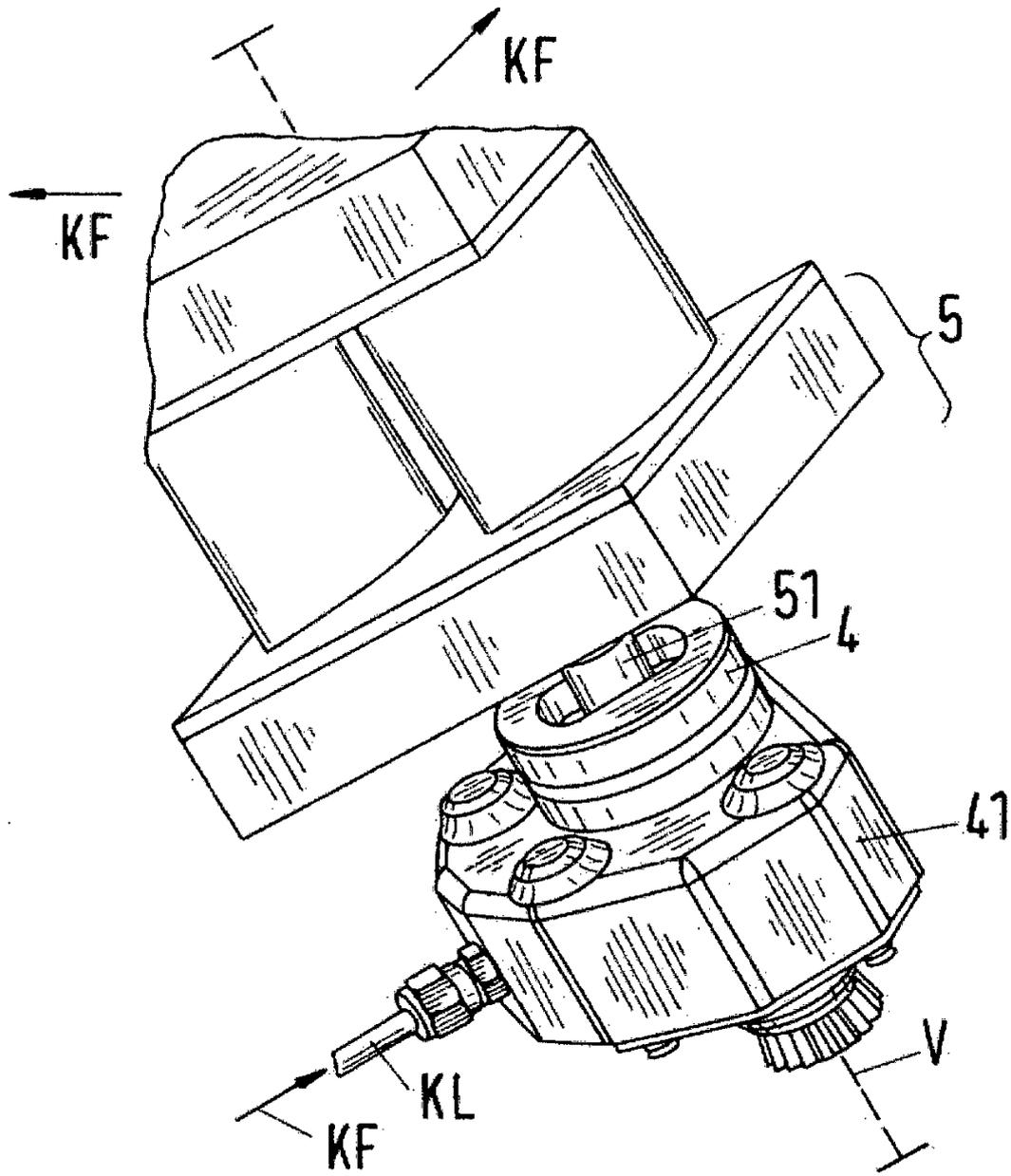


Fig.6b



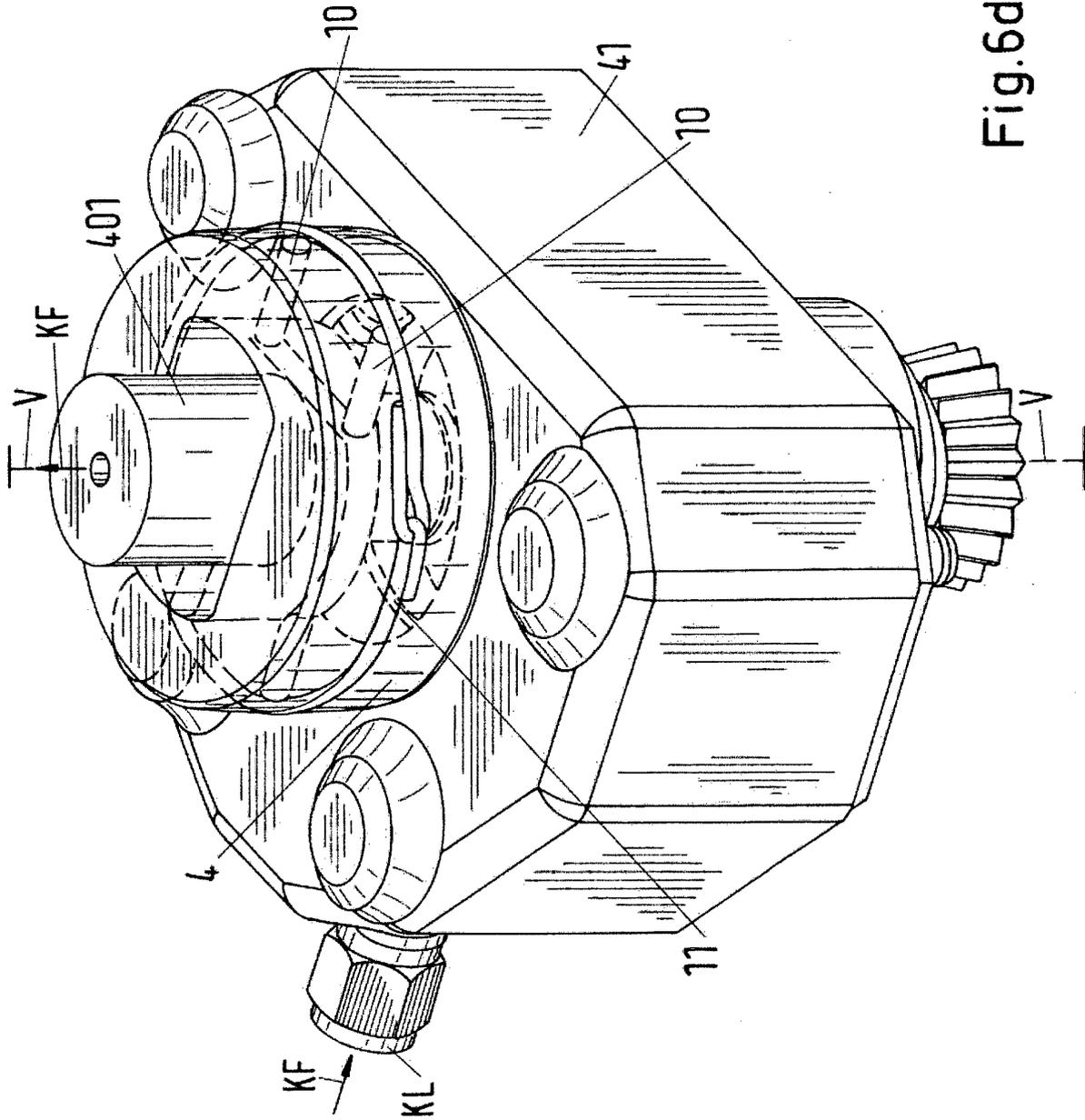


Fig. 6d

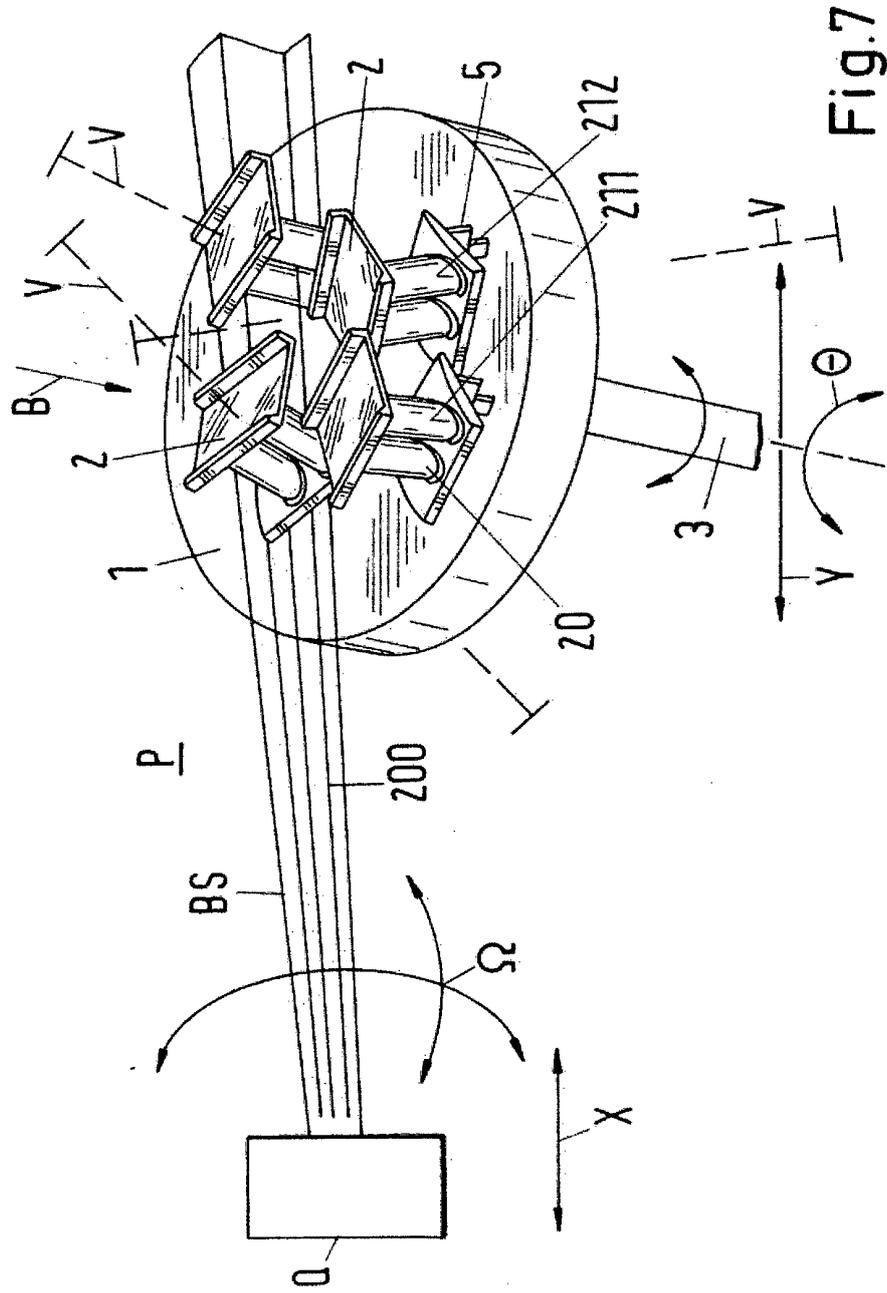


Fig.7

