

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 721**

51 Int. Cl.:

**H01J 37/305** (2006.01)

**H01J 37/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2008** **E 14150385 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019** **EP 2720249**

54 Título: **Cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío**

30 Prioridad:

**17.04.2007 EP 07106345**

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

**23.03.2020**

73 Titular/es:

**OERLIKON SURFACE SOLUTIONS AG,  
PFÄFFIKON (100.0%)  
Churerstrasse 122  
8808 Pfäffikon, CH**

72 Inventor/es:

**VETTER, JÖRG**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 749 721 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**

Cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío

5 La invención se refiere a una cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

10 Por el estado de la técnica se conoce una multiplicidad de instalaciones de evaporación por arco voltaico al vacío en las que en una cámara de vacío se genera una descarga de arco con un material de evaporación que está realizado como cátodo, por lo que el material de evaporación queda ionizado total o parcialmente por la energía de un arco voltaico para depositar finas películas sobre un sustrato.

15 Las películas depositadas de esta manera pueden cumplir diferentes funciones. Pueden cumplir fines puramente decorativos, proteger contra el desgaste o la corrosión o aislar las superficies de piezas de trabajo contra la acción de gran calor etc. Frecuentemente, las capas aplicadas por medio de evaporación por arco voltaico tienen dos o más funciones, frecuentemente distintas. Por consiguiente, desde hace mucho tiempo se conoce el modo de aplicar también sistemas de múltiples capas de composición idéntica o distinta.

20 Por ejemplo, en el documento DE293145 se describen un procedimiento y un dispositivo para la fabricación de capas de múltiples componentes en las que se usa un cátodo compuesto por varias superficies de trabajo, en el que se aplica un campo magnético variable en cuanto al lugar y al tiempo, de manera que la mancha catódica se fuerza sobre las distintas superficies de trabajo según la composición requerida de las capas.

25 Un procedimiento similar así como un dispositivo correspondiente se presentan en el documento DE285463 para garantizar una erosión más homogénea de los cátodos, lo que puede emplearse de manera ventajosa por ejemplo también en el caso de la aplicación de sistemas monocapa sencillos.

30 Independientemente de si se han de aplicar sistemas monocapa o multicapa, todas las instalaciones de evaporación por arco voltaico al vacío conocidos del estado de la técnica tienen diversas desventajas decisivas.

35 Así, en los evaporadores por arco voltaico conocidos se forman obligatoriamente partículas fundidas con un diámetro de hasta unos micrómetros o más, que son sensiblemente más grandes que las pequeñas partículas evaporadas e ionizadas deseadas en principio. Estas partículas sensiblemente más grandes se añaden entonces mezclando a capas o finas películas, lo que conduce a un empeoramiento de la estructura superficial, de la resistencia, de la adherencia, de las características tribológicas etc. de las películas, pudiendo conducir en capas individuales y capas múltiples a una composición inhomogénea de las capas aplicadas.

40 Para evitar esto, por ejemplo, en el documento JP2194167 se propuso disponer entre la superficie de evaporación y un sustrato una bobina coaxial a la superficie de evaporación, con un núcleo de aire. De esta manera, los electrones en un plasma se fuerzan alrededor de las líneas de fuerza magnética generadas por la bobina y fluyen a lo largo de las líneas de fuerza mientras realizan un movimiento de giro, de tal forma que el plasma alcanza el sustrato. Sin embargo, este efecto de inducción evidentemente no actúa sobre partículas fundidas neutras. Otra desventaja decisiva de esta disposición es que la bobina está dispuesta en una posición intermedia entre el sustrato y la superficie de evaporación, lo que hace que el campo magnético generado por la bobina está orientado radialmente hacia dentro con respecto a la superficie de evaporación. Esto tiene como consecuencia que el arco voltaico tendencialmente se acerca más al centro del cátodo, de manera que se desgasta de forma inhomogénea. Además, fuentes de evaporación adicionales que en determinados casos pueden estar dispuestas adicionalmente en la cámara, por ejemplo para elaborar capas múltiples o capas de composición complicada, se ven influenciadas negativamente por la bobina magnética, lo que evidentemente puede tener efectos no deseados.

50 En la solicitud de patente europea EP0495447 se propone por tanto prever en el lado posterior del cuerpo del cátodo una fuente de campo magnético adicional acoplada a un motor, de tal forma que un campo magnético generado por la fuente de campo magnético adicional pueda variarse en cuanto al espacio y al tiempo, de manera que el arco voltaico pueda guiarse de forma selectiva sobre la superficie de evaporador y de esta manera pueda garantizarse por ejemplo una erosión más homogénea del cátodo. La desventaja de esta disposición es evidentemente que la construcción es de montaje, funcionamiento y mantenimiento muy complejos. Además, se generan también campos de dispersión que además varían en cuanto al espacio y al tiempo pudiendo exponer a los cátodos de evaporador contiguos a influjos no deseados.

60 Para solucionar estos problemas conocidos del estado de la técnica, en el documento DE60019821 se propone disponer una fuente de generación de campo magnético anular de tal forma que circunda el material de evaporación y que la superficie de evaporación se prevea entre el polo norte y el polo sur de la fuente de generación de campo magnético. Para ello, dos fuentes de generación de campo magnético, una interior y otra exterior, se agrupan alrededor de la fuente de descarga de arco. Las líneas de fuerza magnética de la fuente de generación de campo magnético deben cruzar la superficie de evaporador en un ángulo de +/- 30° con respecto a la normal. Preferentemente, en el lado, opuesto a la superficie de evaporación, del cátodo de evaporador, está prevista una

fente de campo magnético en forma de disco en el centro en el lado inferior del cuerpo de cátodo, por lo que las líneas de campo magnético de la fuente de generación de campo magnético deben modificarse de tal forma que el arco voltaico se guíe sobre la superficie de evaporación de tal forma que se evite una remoción inhomogénea de la superficie de evaporador. Sin embargo, empíricamente, un posicionamiento de un imán en el centro produce una  
5      amplificación de campo exactamente en el centro de la superficie del cátodo.

Debido a su estructura, el sistema es inflexible. Es decir que, especialmente si se usan fuentes de imán permanente, la intensidad de campo y la distribución de intensidad de campo en el cátodo prácticamente ya no se pueden modificar. Por lo tanto, el sistema no se puede adaptar a influjos externos, por ejemplo, por fuentes magnéticas  
10     contiguas, a otras densidades de corriente en el arco voltaico, a diferentes materiales de cátodo, o a otros influjos que determinan el proceso de recubrimiento o de erosión en el cátodo.

El documento WO2004/057642A2 genérico describe una cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío con una fuente de campo magnético anular y un cuerpo de cátodo con un  
15     material de evaporación como cátodo para para generar una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación del cátodo. Un anillo de amplificación de campo magnético está dispuesto en un lado opuesto a una superficie de evaporación, delante de un fondo de cátodo.

Más cámaras de evaporación por arco voltaico se conocen tanto por el documento JPS63446U como por el  
20     documento DE19739527A1.

Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar una cámara de evaporación por arco voltaico mejorada que realice especialmente una amplificación de campo magnético en dirección hacia los sustratos, al mismo tiempo una amplificación del campo magnético en la superficie interior del cátodo, de tal forma que se puedan conseguir por  
25     una parte un curso homogéneo a lo largo de la erosión del cátodo y un curso ventajoso del campo magnético en la superficie del cátodo, de manera que sea posible una aceleración óptima del arco voltaico.

Se debe evitar una amplificación excesiva del campo en el centro de la superficie del cátodo.

Al mismo tiempo, el sistema mejorado debe ser muy flexible en cuanto a las posibilidades de las modificaciones de la geometría de campo magnético, de manera que de una manera sencilla y económica, la fuente de evaporación por arco voltaico o la cámara de evaporación por arco voltaico equipada con esta puedan adaptarse en cualquier  
30     momento de manera óptima a requisitos cambiantes.

Los objetos de la invención que consiguen estos objetivos se caracterizan por las características de la reivindicación independiente 1.

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

Por lo tanto, la invención se refiere a una cámara de evaporación por arco voltaico con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, comprendiendo una fuente de campo magnético anular y un cuerpo de cátodo con un material de evaporación como cátodo para generar una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación del cátodo. El cuerpo de cátodo está delimitado en sentido axial, en un primer sentido axial, por un fondo de cátodo y, en un segundo sentido axial, por la superficie de evaporación, y la fuente de campo magnético  
40     anular está polarizada de forma paralela o antiparalela con respecto a una normal de superficie de la superficie de evaporación y está dispuesta de forma concéntrica con respecto a la normal de superficie de la superficie de evaporación. Un anillo de amplificación de campo magnético está dispuesto en un lado opuesto a la superficie de evaporación, a una segunda distancia definible delante del fondo de cátodo.

Por lo tanto, lo esencial para la invención es la combinación de un anillo de amplificación de campo magnético en el lado opuesto a la superficie de evaporador, con una fuente de campo magnético anular dispuesta en la zona de la superficie de evaporación.

Según la invención, la cámara de evaporación por arco voltaico está unida eléctricamente de una manera conocida por el experto, a través de una resistencia eléctrica, a un ánodo primario aislado eléctricamente con respecto al bloque de soporte. La fuente de campo magnético anular está situada a una primera distancia definible de la superficie de evaporación en un lado, opuesto al fondo de cátodo, del cuerpo de cátodo. La cámara de evaporación por arco voltaico está unida a un polo positivo de una unidad de suministro de energía y el cuerpo de cátodo está unido a un polo negativo de la unidad de suministro de energía.  
55     60

La fuente de campo magnético puede estar dispuesta de forma tan concéntrica, con respecto a la normal de superficie de la superficie de evaporación, que la superficie de evaporación esté situada entre un polo norte y un polo sur de la fuente de campo magnético. Es decir, en un ejemplo de realización muy especial, la fuente de campo magnético anular encierra la superficie de evaporador del cátodo por ejemplo de tal forma que la superficie de evaporación tiene aproximadamente la misma distancia del polo sur de la fuente de campo magnético anular que del polo norte de la fuente de campo magnético anular.  
65

Es que, sorprendentemente, se ha mostrado que si la superficie de evaporación no está dispuesta entre el polo norte y el polo sur de la fuente de campo magnético anular, sino a una distancia definible con respecto a esta, se puede conseguir una distribución de campo todavía más óptima en la zona del cuerpo de cátodo, especialmente en la zona de la superficie de evaporación. No obstante, puede haber determinados ejemplos de aplicación especiales en los que es preferible una disposición de la superficie de evaporación entre el polo norte y el polo sur de la fuente de campo magnético anular.

Sin embargo, para el mayor número de aplicaciones se ha mostrado sorprendentemente que por el hecho de que por una parte la superficie de evaporación no está dispuesta entre el polo norte y el polo sur de la fuente de campo magnético anular, sino a una distancia definible con respecto a esta, y por otra parte, en lugar de una fuente magnética conocida en forma de disco, dispuesta en el centro por debajo del cuerpo de cátodo, se prevé un anillo de amplificación de campo magnético anular, se puede conseguir una distribución de campo óptima en la zona del cuerpo de cátodo, especialmente en la zona de la superficie de evaporación, que no presenta las desventajas conocidas del estado de la técnica.

Mediante la disposición según la invención, especialmente en la zona del centro del cátodo se genera un campo notablemente más homogéneo en comparación con el estado de la técnica. De esta manera, se consigue que el cátodo se gaste muy homogéneamente, es decir, que se erosione homogéneamente a través de la superficie de evaporación completa, sin que este efecto positivo perjudique los componentes de campo magnético paralelos a la superficie de evaporación, que sirven principalmente para acelerar el movimiento del arco voltaico. Es decir que mediante la disposición según la invención finalmente se mejora sustancialmente el guiado del arco voltaico sobre la superficie de evaporación, lo que conduce entre otras cosas a una erosión mucho más homogénea del cátodo y a resultados de recubrimiento notablemente mejores.

Además, al mismo tiempo se aumenta el campo magnético en dirección hacia los sustratos, lo que finalmente repercute muy positivamente en la calidad de recubrimiento al recubrir un sustrato.

Esto se consigue posicionando la fuente de campo magnético en la superficie del cátodo o a una distancia de esta en dirección hacia los sustratos.

Además, la fuente de evaporación por arco voltaico o la cámara de evaporación por arco voltaico según la presente invención son muy flexibles gracias a su estructura. Es decir que, incluso si se usan fuentes de imán permanente, la intensidad de campo y la distribución de intensidad de campo en el cátodo pueden modificarse muy fácilmente. De esta manera, el sistema según la invención puede adaptarse fácilmente a un cambio de los influjos externos, por ejemplo, por fuentes magnéticas contiguas, a otras densidades de corriente en el arco voltaico, a materiales de cátodo diferentes, o a otros influjos que determinan el proceso de recubrimiento o de erosión en el cátodo.

Resulta especialmente ventajoso el modo de construcción modular de la fuente de evaporación por arco voltaico según la presente invención. Es que, preferentemente, una fuente de evaporación por arco voltaico según la invención se compone de un sistema separado de imanes interiores y la placa base de evaporador con el segundo sistema de imanes, de manera que los sistemas de imanes pueden manipularse o modificarse o cambiarse por separado e independientemente entre sí.

En un ejemplo de realización preferible, el anillo de amplificación de campo magnético está polarizado de forma paralela o antiparalela con respecto a la normal de superficie y/o está dispuesto de forma concéntrica con respecto a la normal de superficie.

En un ejemplo de realización especialmente importante para la práctica, adicionalmente al anillo de amplificación de campo magnético puede estar previsto al menos un anillo de corrección magnético en el lado opuesto a la superficie de evaporación, a una tercera distancia definible delante del fondo de cátodo. Mediante el anillo de corrección magnético es posible realizar una adaptación fina de la geometría de la distribución del campo magnético, de manera que incluso en casos complicados queda garantizado un guiado óptimo del arco voltaico sobre la superficie de evaporación.

Se entiende que según la distribución de campo magnético deseada o la distribución espacial del curso de campo magnético, el anillo de corrección magnético puede estar polarizado de forma paralela o antiparalela con respecto a la normal de superficie y/o preferentemente está dispuesto de forma concéntrica con respecto a la normal de superficie.

Para determinados casos de aplicación especiales también es posible que al anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético estén orientados de forma no concéntrica con respecto a la normal de superficie y/o que el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético tengan una superficie de sección transversal no circular. Con este tipo de disposiciones se pueden construir geometrías de campo magnético altamente complejas en la zona del cuerpo de cátodo, de manera que por ejemplo en el caso del recubrimiento de varios sustratos, los campos magnéticos en dirección hacia los diferentes sustratos pueden tener

distintas intensidades, de manera que distintos sustratos pueden ser recubiertos simultáneamente por la misma fuente bajo distintas condiciones. O bien, por ejemplo, se puede emplear de manera ventajosa, si el cátodo comprende distintas zonas con distintos materiales de recubrimiento, de tal forma que se requiere un guiado correspondientemente complicado del arco voltaico sobre la superficie de evaporación.

5 En las fuentes de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención se pueden ajustar la primera distancia y la segunda distancia y opcionalmente la tercera distancia, especialmente se pueden controlar y/o regular en función del material de evaporación y/o del estado de erosión del cátodo y/o en función de otro parámetro de funcionamiento de la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío, por lo que la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío  
10 obtiene una flexibilidad no conocida hasta ahora en cuanto a todos los estados de funcionamiento y requisitos de procedimiento posibles.

15 La primera distancia y/o la segunda distancia y/o la tercera distancia pueden situarse preferentemente en un intervalo de 0 mm a 200 mm. Como ya se ha mencionado anteriormente, para la invención es decisivo que la superficie de evaporación no quede situada directamente entre el polo norte y el polo sur de las fuentes de campo magnético empleadas, ya que entonces no se puede conseguir la geometría de distribución de campo óptima según la invención.

20 Las diferentes fuentes de campo magnético descritas ya en detalle pueden estar realizadas en concreto mediante distintos conceptos. En un ejemplo de realización especialmente preferible, la fuente de campo magnético anular y/o el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético pueden comprender una pluralidad de imanes permanentes orientados sustancialmente de forma paralela a la normal de superficie. De forma sustancialmente paralela quiere decir que el ángulo entre la normal de superficie de la superficie de evaporación y un sentido de polarización de los imanes permanentes se sitúa por ejemplo entre 0° y 20°, pero preferentemente es de 0°.  
25

30 La fuente de campo magnético anular y/o el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético también pueden comprender un imán anular que preferentemente está polarizado de forma paralela a la normal de superficie de la superficie de evaporación.

35 En otro ejemplo de realización, la fuente de campo magnético anular y/o el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético pueden comprender un electroimán. En caso de usar un electroimán, evidentemente la intensidad y la geometría de las líneas de campo magnético pueden adaptarse de forma especialmente flexible a requisitos especiales.

40 En líneas generales, en distintos ejemplos de realización muy importantes para la práctica se pueden modificar y/o controlar y/o regular una intensidad de campo magnético de la fuente de campo magnético anular y/o una intensidad de campo magnético del anillo de amplificación de campo magnético y/o una intensidad de campo magnético del anillo de corrección magnético, especialmente en función del material de evaporación y/o del estado de erosión del cátodo y/o se puede ajustar y/o controlar y/o regular en función de otro parámetro de funcionamiento la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío.

45 Según el caso espacial, la intensidad de campo magnético puede ser controlada y/o regulada mediante un control y/o una regulación de una corriente eléctrica por un electroimán de la fuente de campo magnético anular y/o del anillo de amplificación de campo magnético y/o del anillo de corrección magnético.

50 Si se usan imanes anulares, la intensidad de campo magnético puede ser ajustable mediante un cambio del imán anular y/o mediante un imán anular adicional y/o mediante la eliminación de un imán anular de la fuente de campo magnético anular y/o del anillo de amplificación de campo magnético y/o del anillo de corrección magnético.

55 Para muchas aplicaciones prácticas se han acreditado como especialmente ventajosos aquellos ejemplos de realización en los que la intensidad de campo magnético puede ajustarse mediante una modificación de una cantidad de la pluralidad de imanes permanentes, orientados paralelamente a la normal de superficie, de la fuente de campo magnético anular y/o del anillo de amplificación de campo magnético y/o del anillo de corrección magnético.

60 En lo que respecta a los sentidos de polarización magnética de las distintas fuentes de campo magnético, la fuente de campo magnético anular y/o el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético pueden estar polarizados de forma idéntica con respecto a la normal de superficie, o en otro caso, la fuente de campo magnético anular y/o el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo de corrección magnético pueden estar polarizados en sentidos contrarios con respecto a la normal de superficie.

65 De la manera conocida de por sí del estado de la técnica, para la refrigeración de la fuente de evaporación por arco voltaico está previsto preferentemente un sistema de refrigeración, especialmente una refrigeración por agua.

Especialmente, la fuente de campo magnético anular y/o el anillo de amplificación de campo magnético y/o el anillo

de corrección magnético pueden comprender un imán de alta temperatura, especialmente un imán de alta temperatura de SmCo, de manera que se pueden alcanzar temperaturas de funcionamiento notablemente más altas con una fuente de evaporación por arco voltaico o que se puede trabajar con una potencia de refrigeración reducida en el cátodo de evaporación. En casos especiales, incluso se puede prescindir totalmente de una refrigeración.

5 Según la invención, la fuente de campo magnético anular está dispuesta de manera conocida de por sí en un bloque de soporte, especialmente en un bloque de soporte de cobre y para la limitación de la descarga de arco voltaico sobre la superficie de evaporación del cátodo, entre el bloque de soporte y el cátodo está previsto un aislamiento BN.

10 El bloque de soporte puede comprender para el encendido o el mantenimiento de la descarga de arco voltaico un ánodo primario, pudiendo el ánodo primario estar aislado eléctricamente con respecto al bloque de soporte, aunque en otro ejemplo de realización no tiene que estar aislado obligatoriamente eléctricamente con respecto al bloque de soporte.

15 Para el encendido y el mantenimiento de la descarga de arco voltaico, el aislamiento BN puede estar en contacto físico con el cátodo, una disposición conocida de por sí por el estado de la técnica.

20 Para conseguir un encendido mejorado del arco voltaico, la fuente de evaporación por arco voltaico puede comprender para el encendido de la descarga de arco voltaico un dispositivo de disparo pivotante que especialmente está dispuesto de forma linealmente móvil y/o giratoria.

25 De la manera conocida en principio por el estado de la técnica, el cuerpo de cátodo de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención y la cámara de evaporación por arco voltaico misma están unidos a una unidad de suministro de energía eléctrica, estando conectada la cámara de evaporación por arco voltaico eléctricamente como ánodo con respecto al cátodo.

30 La unidad de suministro de energía eléctrica y/o la unidad de suministro eléctrico auxiliar puede ser una fuente de energía de tensión continua eléctrica, pudiendo ser la unidad de suministro de energía eléctrica y/o la unidad de suministro eléctrico auxiliar en otro ejemplo de realización también por ejemplo una fuente de energía eléctrica pulsada o cualquier otra fuente de energía eléctrica adecuada.

35 Los parámetros habituales para hacer funcionar la fuente de arco voltaico según la invención en funcionamiento continuo con corriente continua son unas tensiones de funcionamiento de la fuente de energía dentro del intervalo de 10 a 600 V y unas corrientes dentro del intervalo de 30 a 500 A. Si se trabaja con descargas pulsadas, se pueden aplicar corrientes pulsadas de hasta varios 1.000 A, de tal forma que la refrigeración de la fuente todavía basta para poder refrigerar la energía promediada en el tiempo. Las frecuencias de pulso de la fuente de energía pueden situarse en el intervalo de varios Hz a varios 10 kHz. La fuente auxiliar se hace funcionar con parámetros similares.

40 Las presiones de trabajo con las que se emplean los evaporadores llegan desde el alto vacío hasta 50 Pa.

A continuación, la invención se describe en detalle con la ayuda del dibujo esquemático. Muestran:

- 45 la figura 1 un primer ejemplo de realización de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención;
- la figura 2a una vista posterior de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío con una pluralidad de imanes permanentes;
- la figura 2b una sección a lo largo de la línea de sección I-I según la figura 2a;
- 50 la figura 3 un ejemplo de realización según la invención de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío con un anillo de corrección magnético;
- la figura 4 una vista posterior de otro ejemplo de realización según la figura 3 con una pluralidad de imanes permanentes;
- la figura 5 un ejemplo de realización con aislamiento BN;
- la figura 6 una cámara de evaporación por arco voltaico con un dispositivo de disparo pivotante;
- 55 la figura 7 una cámara de evaporación por arco voltaico con un ánodo primario aislado y una resistencia;
- la figura 8 un ejemplo de realización según la figura 8 con una unidad de suministro auxiliar;
- la figura 9 una primera cámara de evaporación por arco voltaico con varias fuentes de evaporación por arco voltaico;
- 60 la figura 10 una segunda cámara de evaporación por arco voltaico con varias fuentes de evaporación por arco voltaico.

En la figura 1, un primer ejemplo de realización sencillo de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío según la invención que en lo sucesivo se designa en su conjunto por el signo de referencia 1, está representado esquemáticamente en sección en el estado de montaje en una cámara de evaporación por arco voltaico según la invención.

La fuente de evaporación por arco voltaico al vacío 1 según la invención comprende una fuente de campo magnético 2 anular y un cuerpo de cátodo 3 con un material de evaporación 31 como cátodo 33 para generar una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación 33 del cátodo 32. El cuerpo de cátodo 3 está delimitado en sentido axial, en un primer sentido axial, por un fondo de cátodo 34 y, en un segundo sentido axial, por la superficie de evaporación 33. La fuente de campo magnético 2 anular está polarizada de forma paralela o antiparalela a una normal de superficie 300 de la superficie de evaporación 33 y situada de forma concéntrica con respecto a la normal de superficie 300 de la superficie de evaporación 33 a una primera distancia A1 definible en un lado, opuesto al fondo de cátodo 34, del cuerpo de cátodo 3. Según la presente invención, un anillo de amplificación de campo magnético 4 está dispuesto en un lado opuesto a la superficie de evaporación 33, a una segunda distancia A2 definible delante del fondo de cátodo 34.

Un diámetro interior DI del anillo de amplificación de campo magnético 4 es de aprox. 3%, especialmente de hasta 10%, preferentemente de hasta 15%, especialmente de hasta 50% o más de 50% del diámetro del cátodo 32. Por lo tanto, si se usa por ejemplo un cátodo 32 con un diámetro de 100 mm, el diámetro interior DI del anillo de amplificación de campo magnético 4 es por ejemplo de 3 mm, especialmente de hasta 10 mm, preferentemente de hasta 15 mm y especialmente de hasta 50 mm o más.

Un ancho B del anillo de amplificación de campo magnético 4 puede ser de aprox. 2%, especialmente de hasta 5%, preferentemente de hasta 10% o más de 10% de un diámetro del cátodo 32. Si a su vez se parte de un cátodo 32 con un diámetro de 100 mm, por lo tanto, el ancho B del anillo de amplificación de campo magnético 4 puede ser por ejemplo de 2 mm, especialmente de hasta 5 mm y preferentemente de hasta 10 mm o más.

La geometría concreta del anillo de amplificación de campo magnético 4 puede depender de los requisitos especiales para la tarea de recubrimiento concreta, la geometría y/o el tamaño de las disposiciones de recubrimiento, el material de cátodo, o de otras magnitudes que influyan en el proceso de recubrimiento.

La fuente de evaporación por arco voltaico al vacío está instalada de manera conocida de por sí en una cámara de evaporación por arco voltaico 10 y, para la refrigeración, está provista de un sistema de refrigeración 6 que como se indica mediante las flechas 600 es atravesada por agua refrigerante 600 para su refrigeración. El campo magnético generado en total por la fuente de campo magnético 2 anular y el anillo de amplificación de campo magnético 4 está simbolizado en una representación esquemática fuertemente simplificada, por las líneas de campo magnético 200 que no reproducen la geometría real del campo magnético y que influyen por ejemplo en el movimiento de los electrones.

En la figura 2a está representada una vista posterior, es decir, una vista en planta desde arriba del fondo de cátodo 34 de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío 1 en la que el anillo de amplificación de campo magnético 4 está formado sustancialmente por una pluralidad de imanes permanentes 40. Los imanes permanentes 40 del anillo de amplificación de campo magnético 4 están dispuestos en el lado opuesto a la superficie de evaporación 33, a una segunda distancia A2 definible delante del fondo de cátodo 34 y están orientados en cuanto a su polarización magnética de forma sustancialmente paralela o antiparalela con respecto a la normal de superficie 300. Se entiende que por ejemplo todos los imanes permanentes 40 pueden estar orientados o bien de forma paralela o bien de forma antiparalela con respecto a las superficies 300, o que una parte de los imanes permanentes 40 puede estar orientada de forma paralela y otra parte de los imanes permanentes 40 puede estar orientada de forma antiparalela con respecto a la normal de superficie 300, por ejemplo, para realizar geometrías de campo magnético especiales en la zona del cuerpo de cátodo 3.

Se entiende además que tanto el anillo de amplificación de campo magnético 4 y/o el anillo de corrección 5 magnético y/ la fuente de campo magnético 2 pueden estar formados por un anillo ferrítico o un anillo ferromagnético o un anillo no magnético, sobre el que está dispuesta por ejemplo la pluralidad de imanes permanentes (20, 40, 50) orientados paralelamente a la normal de superficie 300, estando claro que también pueden faltar el anillo ferrítico o el anillo ferromagnético o el anillo no magnético.

En un ejemplo de realización importante para la práctica, por ejemplo, el anillo de amplificación de campo magnético 4 está formado por un anillo ferrítico sobre el que están dispuestos a una distancia de 120° tres imanes permanentes 40.

Lo anteriormente dicho es válido evidentemente también para posibles disposiciones de los imanes permanentes 20 de la fuente de campo magnético 2 anular y a los imanes permanentes 50 del anillo de corrección 5 magnético que aún se describirán con más detalle más adelante.

Para ilustrarlo, en la figura 2 está representada una sección a lo largo de la línea de sección I-I a través del cuerpo de cátodo 3 según la figura 2a. Se puede ver la fuente de campo magnético 2 anular que está dispuesta directamente por encima de la superficie de evaporación 33 de forma concéntrica con respecto a la normal de superficie 300. En el ejemplo de la figura 2b, la fuente de campo magnético 2 anular es un imán anular 2. Se entiende que en otro ejemplo de realización, el imán anular 2 también puede estar formado por varios imanes anulares 2 individuales y/o estar formado por una pluralidad de imanes permanentes 20 y/o poder realizarse mediante un

electroimán 2.

5 El anillo de amplificación de campo magnético 4 comprende un anillo de soporte 400 magnético o no magnético en el que los imanes permanentes 40 preferentemente están previstos de forma separable, de manera que se pueden recambiar cómodamente, o según el requerimiento se puede variar el número total de los imanes permanentes 40, de manera que se pueden variar muy fácilmente la intensidad y/o la geometría del campo magnético causado por el anillo de amplificación de campo magnético 4.

10 En la figura 3 está representado en parte en sección un ejemplo de realización adicional según la invención, especialmente importante para la práctica, de una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío 1 con un anillo de corrección 5 magnético. La fuente de campo magnético 2 anular está situada a una distancia A1 de la superficie de evaporación 33 del cátodo 3. El anillo de corrección 5 magnético está posicionado a una distancia A2 ligeramente más cerca del fondo de cátodo 34 que el anillo de corrección 4 magnético que está situado a una distancia A3 ligeramente mayor del fondo de cátodo 34. Están presentes medios no representados en detalle, conocidos de por sí por el experto, que permiten modificar según los requisitos de manera adecuada las distancias A1, A2 y A3.

15 En el ejemplo de la figura 3, la fuente de campo magnético 2, el anillo de amplificación de campo magnético 4 y el anillo de corrección 5 magnético están polarizados magnéticamente en el mismo sentido con respecto a la normal de superficie 300. Se entiende que, en otros ejemplos de realización, los anillos magnéticos mencionados anteriormente también pueden estar dispuestos en cualquier otra combinación adecuada con respecto a la normal de superficie 300. Esto puede variar según los requisitos y estar determinado por ejemplo por la fuerza relativa de los imanes 2, 4, 5 empleados y/o estar determinado por la disposición geométrica especial con respecto al cuerpo de cátodo 3 o por otras especificaciones relativas al aparato o al procedimiento.

20 La figura 4 muestra una vista posterior de otro ejemplo de realización según la figura 3, en el que el anillo de amplificación de campo magnético 4 y el anillo de corrección 5 magnético están formados por una pluralidad de imanes permanentes 40, 50. En el ejemplo de la figura 4, el anillo de amplificación de campo magnético 4 y el anillo de corrección 5 magnético tienen la misma distancia del fondo de cátodo 34.

25 En la figura 5 está representado esquemáticamente un ejemplo de realización en el que el ánodo 9 se aísla eléctricamente a través de un aislamiento BN, es decir, a través de una capa electroaislante que contiene como componente sustancial nitruro de boro, es decir, BN, frente a un bloque de soporte 7 electroconductor que puede estar compuesto por ejemplo de cobre. Esta disposición con capa de BN es conocida de por sí y sirve sobre todo para evitar en el estado de funcionamiento un salto del arco voltaico al ánodo 9 o al bloque de soporte 7. El ánodo 9 puede servir para el encendido y el mantenimiento del arco voltaico durante un proceso de recubrimiento.

30 En el ejemplo de realización de la figura 6 está representada esquemáticamente una cámara de evaporación por arco voltaico 10 con un dispositivo de disparo 14 pivotante, estando conectado el dispositivo de disparo 14 sobre un potencial positivo eléctricamente como ánodo con respecto al cuerpo de cátodo 3 que se encuentra sobre un potencial eléctrico negativo. El dispositivo de disparo 14 sirve de manera conocida de por sí para el encendido y el mantenimiento de un arco voltaico y, como está representado por la flecha 141, es pivotante tanto alrededor de un eje de giro, como variable linealmente en su distancia con respecto a la superficie de evaporación 33, en el sentido de la flecha 142.

35 Las figuras 7 y 8 muestran respectivamente un ejemplo de realización de una cámara de evaporación por arco voltaico según la invención con un ánodo primario aislado. En ambos ejemplos, la cámara de evaporación por arco voltaico 10 está unida a un polo positivo de una unidad de suministro de energía 11 y el cuerpo de cátodo 3 está unido a un polo negativo de la unidad de suministro de energía 11. Es decir que la cámara de evaporación por arco voltaico 10 está conectada eléctricamente como ánodo con respecto al cuerpo de cátodo 3.

40 El ánodo 9 está realizado respectivamente como ánodo 9 primario aislado eléctricamente con respecto al bloque de soporte 7. En el ejemplo de la figura 7, el ánodo 9 primario está acoplado eléctricamente a la cámara de evaporación por arco voltaico 10 a través de una resistencia eléctrica 12, mientras que en el ejemplo de la figura 8, el ánodo 9 primario está acoplado a la cámara de evaporación por arco voltaico 10 a través de una unidad de suministro auxiliar 13 de la manera representada, conocida de por sí.

45 Para este tipo de disposición eléctrica del bloque de soporte 7, de la unidad de suministro auxiliar 11 y del ánodo 9 primario es esencial que se establezca una separación de potencial entre la cámara de evaporación por arco voltaico 10 y el ánodo 9, de tal forma que se crean un ánodo 9 primario y ánodo secundario, estando formado el ánodo secundario por la cámara de evaporación por arco voltaico 10 misma.

50 Se entiende que una separación de potencial entre el ánodo 9 primario y la cámara de evaporación por arco voltaico 10 también puede realizarse mediante el hecho de que la unidad de suministro 13 o la resistencia eléctrica 12 están dispuestas entre el bloque de soporte 7 y la cámara de evaporación por arco voltaico 10, en cuyo caso el ánodo 9 primario está en unión eléctrica con el bloque de soporte 7 o el bloque de soporte 7 forma o comprende directamente el ánodo 9 primario.

Las bases teóricas y prácticas para la interconexión eléctrica entre la cámara de evaporación por arco voltaico 10 y la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío 9 son conocidas de por sí por el experto y por lo tanto no es necesario describirlas con más detalle aquí.

En las figuras 9 y 19 están representados a modo de ejemplo además dos ejemplos de realización especiales de cámaras de evaporación por arco voltaico 10 según la invención que son de importancia especial para la práctica. Se describe a modo de ejemplo especialmente la disposición de las polaridades de evaporadores individuales para el caso en que en la cámara de evaporación por arco voltaico 10 están instalados varios evaporadores.

Con la ayuda de las figuras 9 y 10 se puede demostrar de manera especialmente ilustrativa el efecto recíproco entre las líneas de campo magnético en caso de la presencia de varias fuentes de evaporación por arco voltaico 1 en una sola cámara de evaporación por arco voltaico 10. Según los requisitos de una tarea de recubrimiento concreta puede resultar más adecuada por ejemplo la variante según la figura 9 o según la figura 10. Se entiende que, evidentemente, la invención incluye también otras disposiciones de fuentes de evaporación por arco voltaico 1 según la invención en una cámara de evaporación por arco voltaico 10.

La figura 9 muestra una disposición con una primera cámara de evaporación por arco voltaico 10 con varias fuentes de evaporación por arco voltaico 1 que para una amplificación de campo de fuentes de evaporación por arco voltaico 1 opuestas se extiende transversalmente a través de la cámara de evaporación por arco voltaico 10. Preferentemente, las fuentes de evaporación por arco voltaico 1 situadas unas debajo de otras en la representación se disponen de manera alterna con respecto a su polaridad. Mediante la disposición de las fuentes de campo magnético 2 alternando la polaridad (por ejemplo, el polo N se encuentra en frente del polo S) se cierran líneas de campo magnético transversalmente a través de la cámara de evaporación por arco voltaico 10. Esto conduce a una influencia positiva en la estimulación de gases reactivos en la proximidad a los sustratos que han de ser recubiertos, que para mayor claridad no están representados en las figuras 9 y 10. Mediante la disposición de la figura 9, en la estimulación de gases reactivos en la proximidad a los sustratos que han de ser recubiertos influye positivamente el crecimiento de capas.

Otra variante de una cámara de evaporación por arco voltaico 10 con varias fuentes de evaporación por arco voltaico 1 se muestra en la figura 10. Aquí, los evaporadores 1 se encuentran en un plano alrededor de la cámara 10. Esta disposición alterna hace que no se produce una amplificación de campo según la figura 9 transversalmente a través de la cámara 10, sino que se produce un campo magnético cerrado entre los evaporadores 1. Esta estructura resulta preferible si no se desea una estimulación adicional de la reactividad de los gases de proceso en la proximidad a los sustratos, por ejemplo, si se deben precipitar capas en las que es deseable una parte reducida de gases reactivos en las capas.

Se entiende que los ejemplos de realización descritos se entienden únicamente como ejemplos y que el alcance de protección no se limita a las formas de realización descritas explícitamente.

Una fuente de evaporación por arco voltaico según la invención puede emplearse de forma polifacética para el recubrimiento de las piezas de trabajo más diversas. Usando los gases reactivos habituales, por ejemplo, para la elaboración de capas nitruradas, carburadas, carbonitruradas u oxinitruradas, así como para la elaboración de capas oxídicas o capas carbo-oxinitruradas o de cualquier otro tipo de capas que puedan elaborarse de manera ventajosa con una fuente de evaporación por arco voltaico.

A continuación, se muestran algunos métodos prácticos del ajuste de los campos magnéticos según la tarea de evaporación.

Por la construcción maciza de la placa de soporte con taladoras para el alojamiento, la fuente de campo magnético anular permite elegir la cantidad de imanes y la fijación de su posición relativa A1. Entonces, dado el caso, se atornilla un ánodo sobre las perforaciones.

El anillo de amplificación de campo magnético así como el anillo de corrección pueden cambiarse muy fácilmente, ya que espacio de construcción detrás del fondo de cátodo está realizado de forma libre.

Los anillos mismos están constituidos preferentemente por imanes individuales, se manera que se pueden ajustar su cantidad y polaridad. Un ajuste de las distancias con respecto al fondo de cátodo o entre ellos se puede realizar con sistemas de deslizamiento y de apriete mecánicos sencillos.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Cámara de evaporación por arco voltaico con una unidad de suministro de energía (11) y con una fuente de evaporación por arco voltaico al vacío (1) que comprende un bloque de soporte (7) y una fuente de campo magnético (2) anular dispuesta en el bloque de soporte (7) y un cuerpo de cátodo (3) con un material de evaporación (31) como cátodo (32) para generar una descarga de arco voltaico sobre una superficie de evaporación (33) del cátodo (32), en la cual el cuerpo de cátodo (3) está delimitado en sentido axial, en un primer sentido axial, por un fondo de cátodo (34) y, en un segundo sentido axial, por la superficie de evaporación (33), y la fuente de campo magnético (2) anular está polarizada de forma paralela o antiparalela a una normal de superficie (300) de la superficie de evaporación (33) y dispuesta de forma concéntrica con respecto a la normal de superficie (300) de la superficie de evaporación (33), y con un anillo de amplificación de campo magnético (4) que en un lado opuesto a la superficie de evaporación (33) está dispuesto a una segunda distancia (A2) variable delante del fondo de cátodo (34), y con una resistencia eléctrica (12) y un ánodo (9) primario aislado eléctricamente con respecto al bloque de soporte (7), y en la cual la cámara de evaporación por arco voltaico está unida eléctricamente al ánodo (9) primario a través de la resistencia eléctrica (12), y en la cual la cámara de evaporación por arco voltaico está unida a un polo positivo de la unidad de suministro de energía (11) y el cuerpo de cátodo (3) está unido a un polo negativo de la unidad de suministro de energía (11), caracterizada porque la fuente de campo magnético (2) está situada a una primera distancia (A1) variable con respecto a la superficie de evaporación (33), en un lado, opuesto al fondo de cátodo (34), del cuerpo de cátodo (3).
- 15 2. Cámara de evaporación por arco voltaico según la reivindicación 1, en la que la unidad de suministro de energía eléctrica (11) es una fuente de energía de tensión continua eléctrica.
- 20 3. Cámara de evaporación por arco voltaico según la reivindicación 1, en la que la unidad de suministro de energía eléctrica (11) es una fuente de energía eléctrica pulsada.
- 25 4. Cámara de evaporación por arco voltaico según una de las reivindicaciones anteriores, en la que una intensidad de campo magnético de la fuente de campo magnético (2) anular o una intensidad de campo magnético del anillo de amplificación de campo magnético (4) o una intensidad de campo magnético del anillo de corrección (4) magnético se pueden modificar o controlar o regular, especialmente en función del material de evaporación (31) o del estado de erosión del cátodo (32), o se pueden controlar o regular en función de otro parámetro de funcionamiento de la fuente de evaporación por arco voltaico al vacío.
- 30 5. Cámara de evaporación por arco voltaico según la reivindicación 4, en la que la intensidad de campo magnético puede ser controlada y/o regulada mediante un control y una regulación de una corriente eléctrica por un electroimán de la fuente de campo magnético (2) anular o del anillo de amplificación de campo magnético (4) o del anillo de corrección (5) magnético.
- 35 6. Cámara de evaporación por arco voltaico según una de las reivindicaciones anteriores, en la que para la refrigeración de la fuente de evaporación por arco voltaico está previsto un sistema de refrigeración (6), especialmente una refrigeración por agua (6).
- 40 7. Cámara de evaporación por arco voltaico según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la fuente de campo magnético (2) anular o el anillo de amplificación de campo magnético (4) o el anillo de corrección (5) magnético pueden comprender un imán de alta temperatura, especialmente un imán de alta temperatura de SmCo.
- 45 8. Cámara de evaporación por arco voltaico según una de las reivindicaciones anteriores, en la que el bloque de soporte (7) está realizado en cobre y para la limitación de la descarga de arco voltaico sobre la superficie de evaporación (33) del cátodo (32), entre el bloque de soporte (7) y el cátodo (32) está previsto un aislamiento BN (8).
- 50 9. Cámara de evaporación por arco voltaico según la reivindicación 8, en la que para el encendido y el mantenimiento de la descarga de arco voltaico, el aislamiento BN (8) está en contacto físico con el cátodo (32).
- 55 10. Cámara de evaporación por arco voltaico según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la fuente de evaporación por arco voltaico comprende para el encendido de la descarga de arco voltaico un dispositivo de disparo (14) pivotante que especialmente está dispuesto de forma linealmente móvil y/o giratoria.

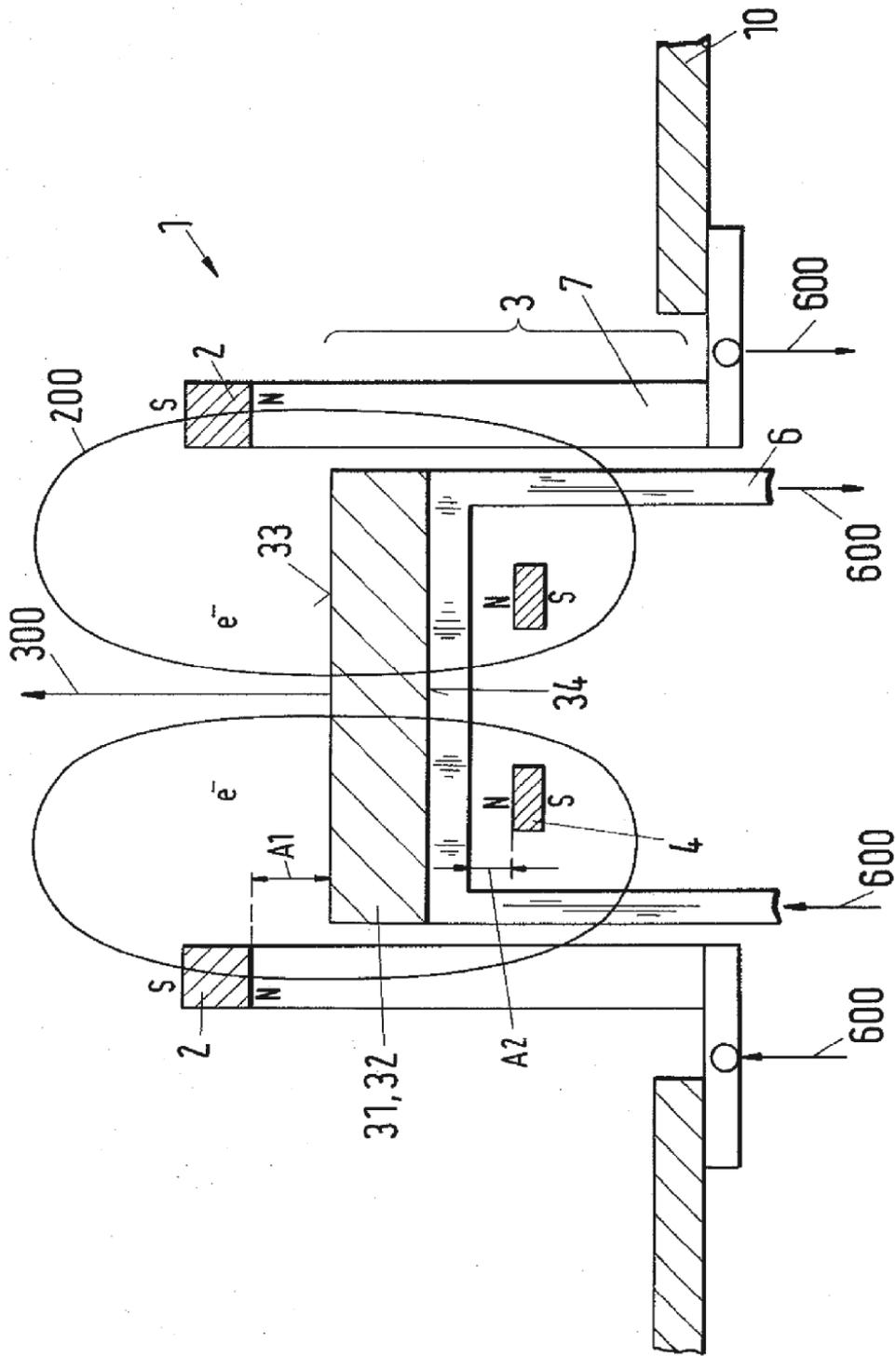


Fig.1

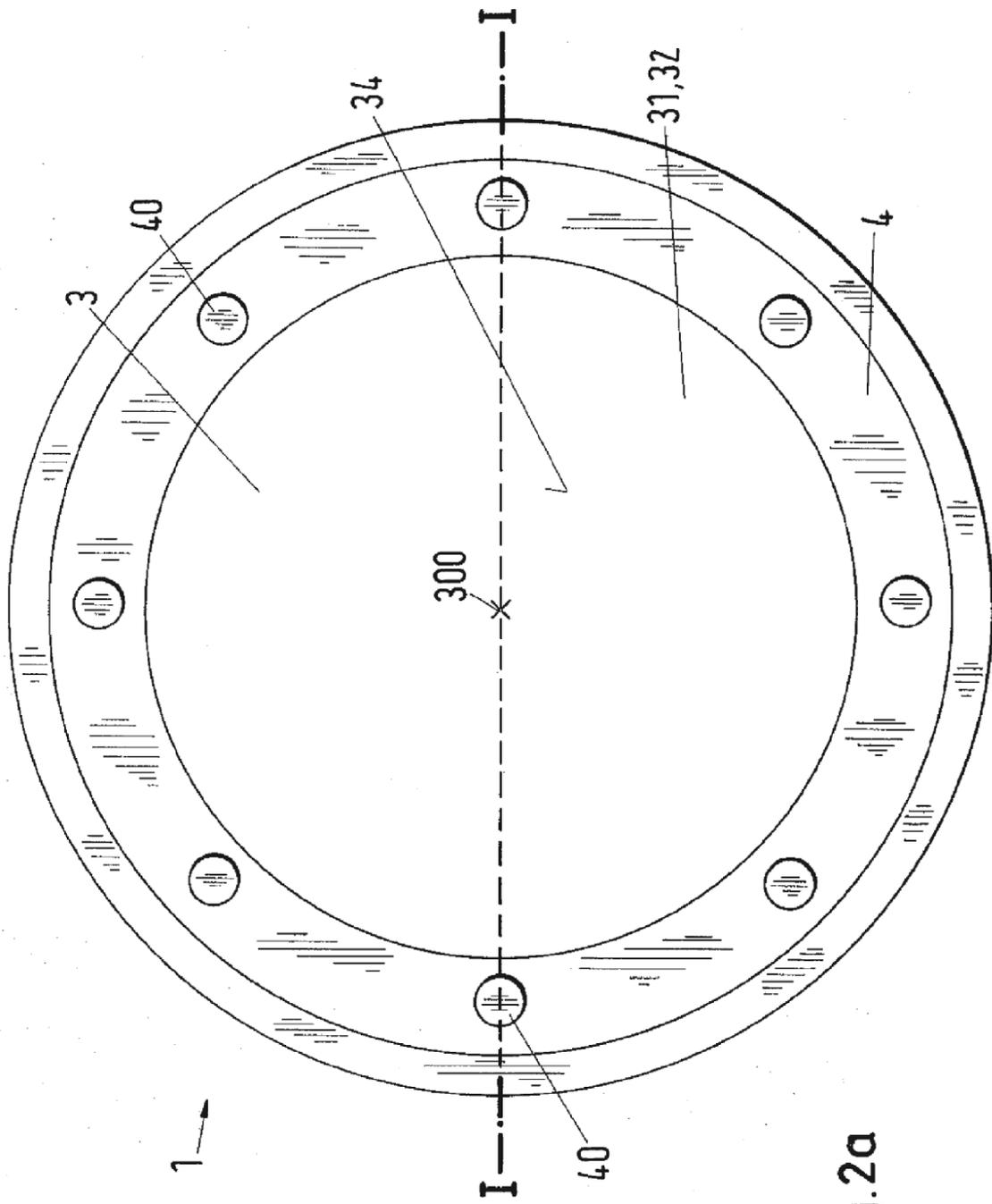


Fig.2a

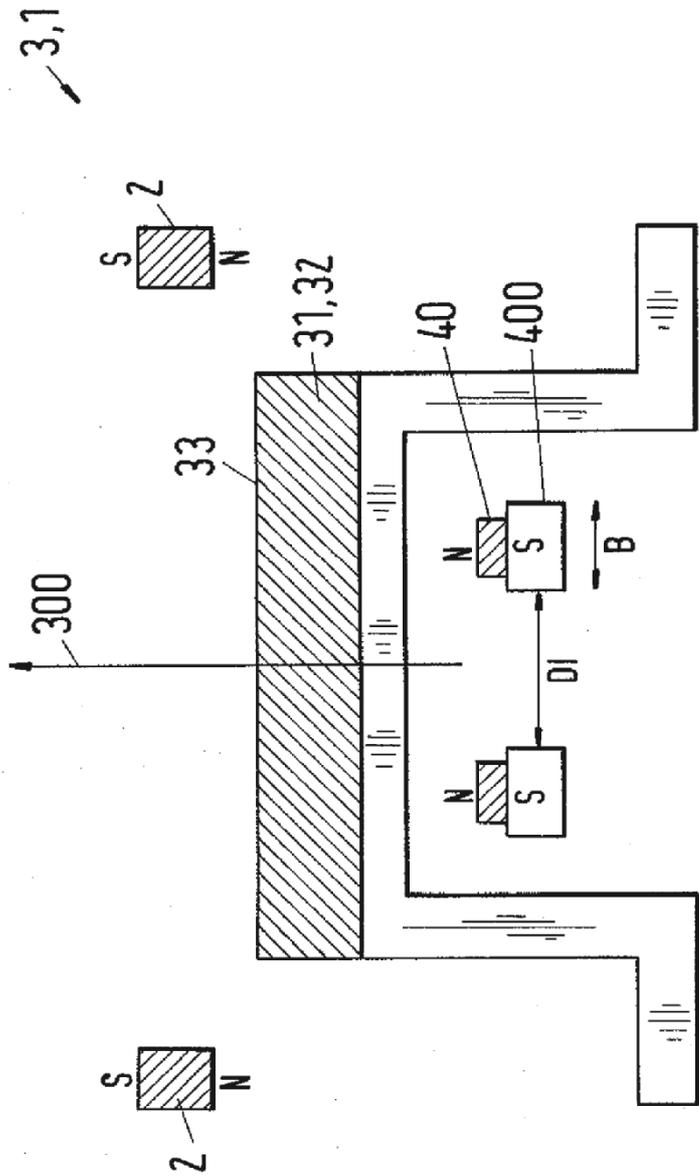


Fig. 2b

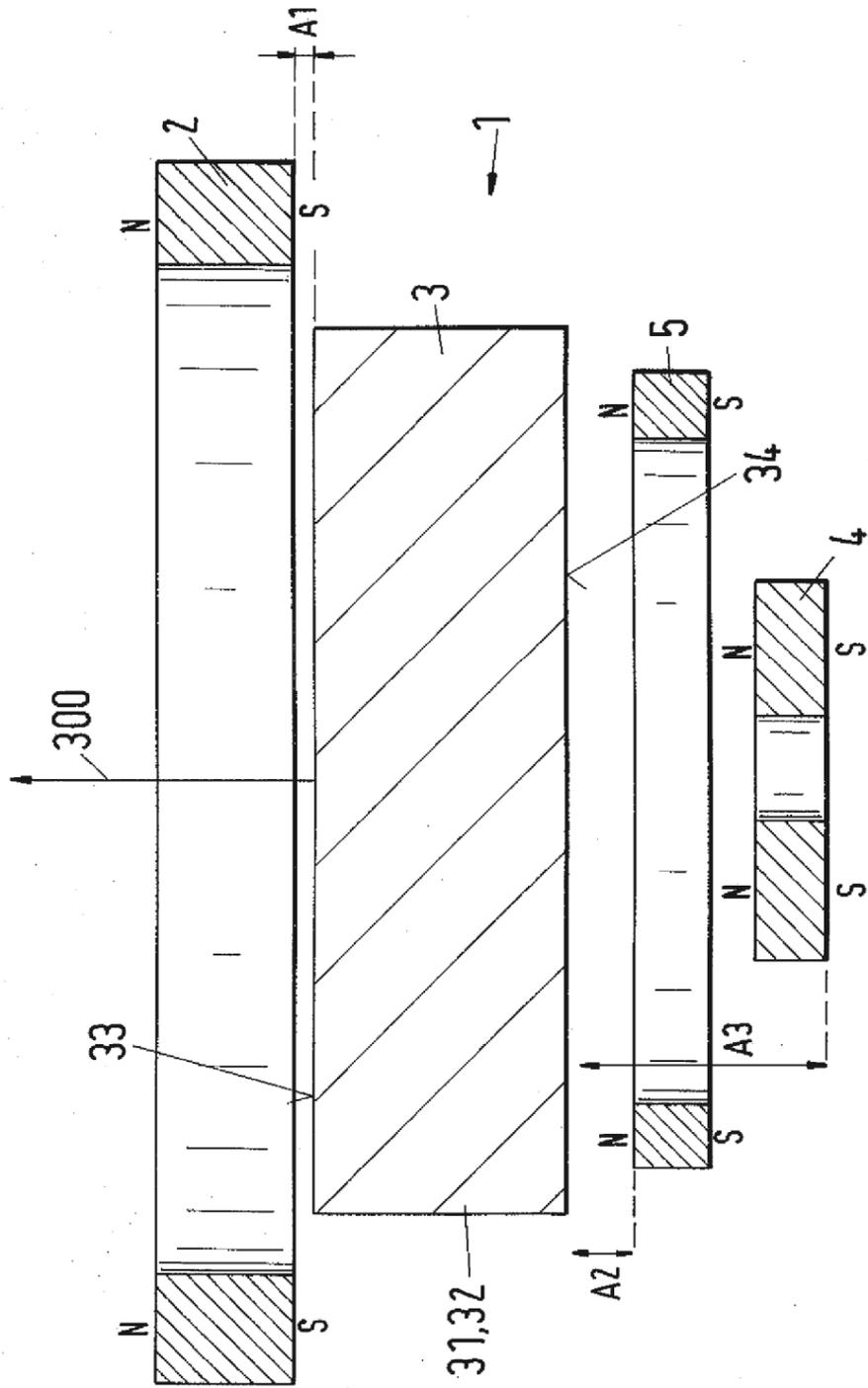


Fig.3

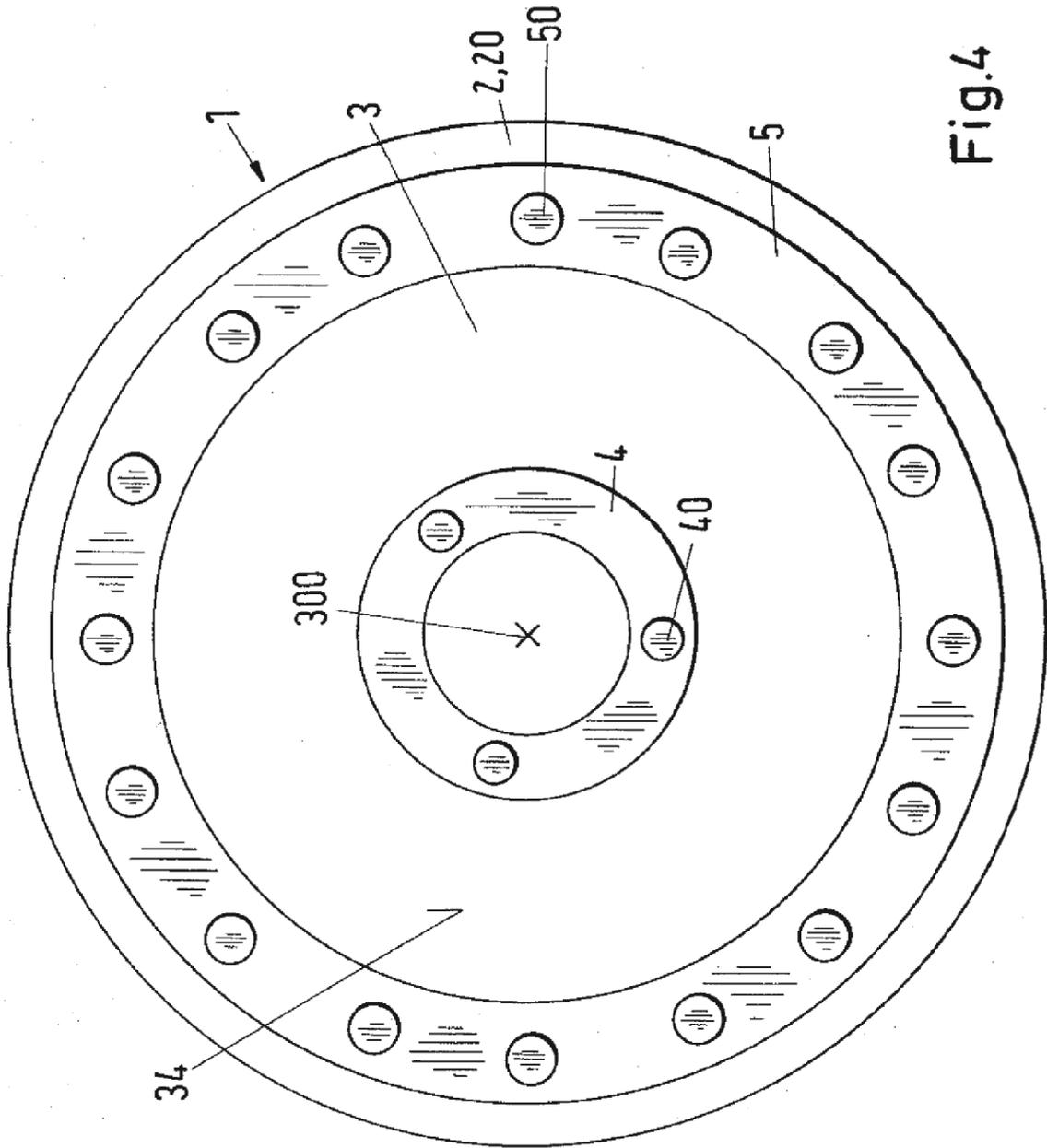


Fig.4

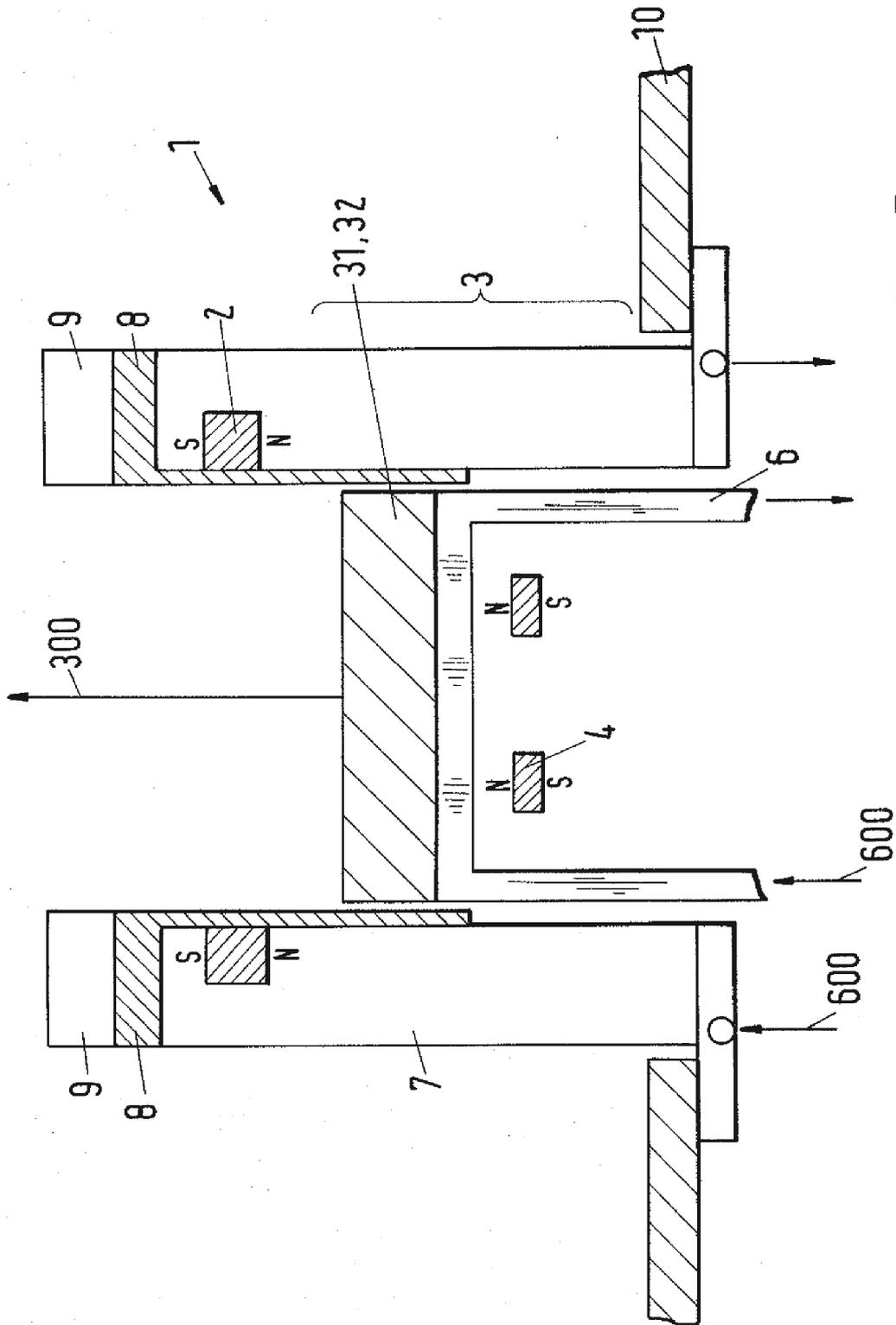


Fig.5

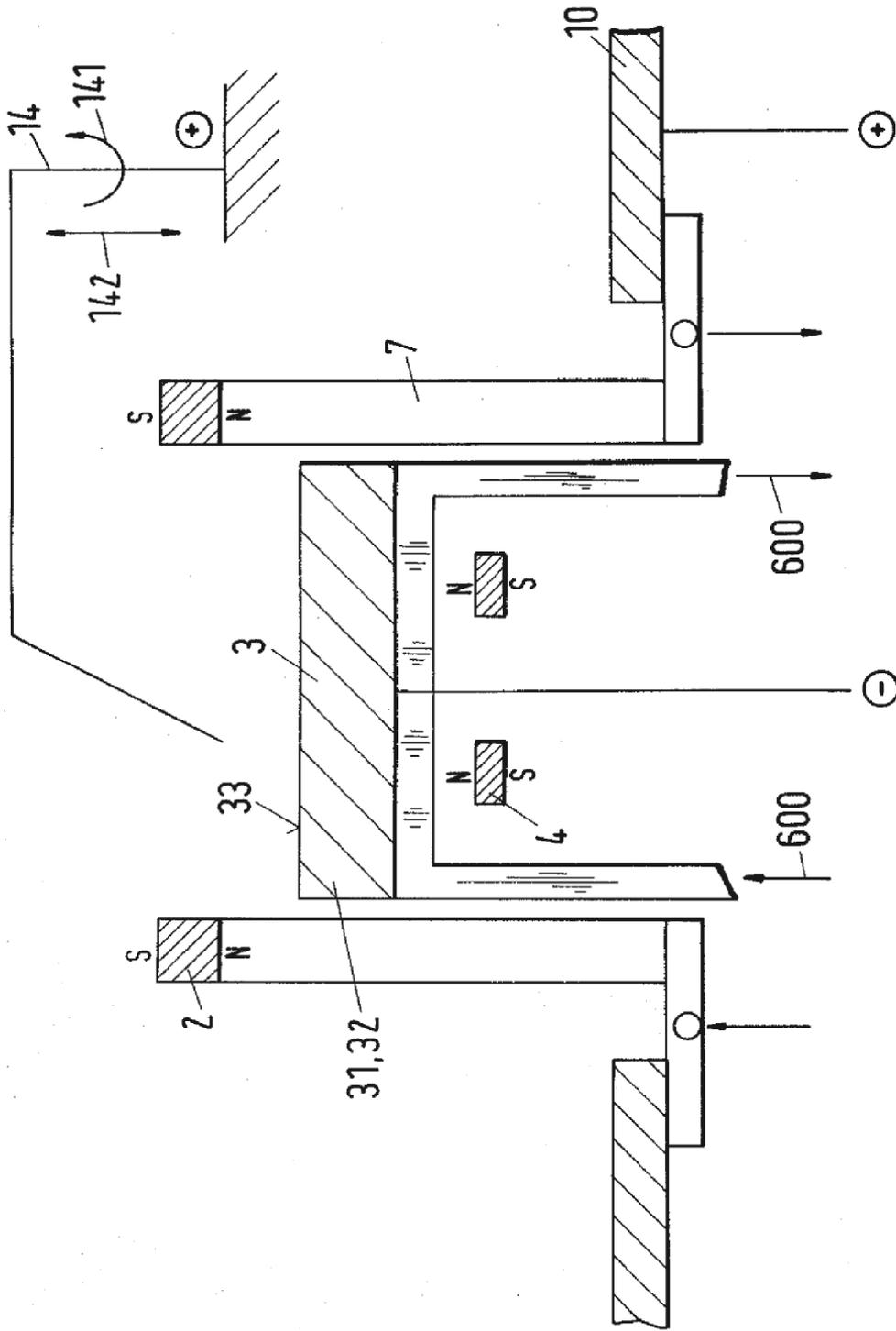


Fig.6

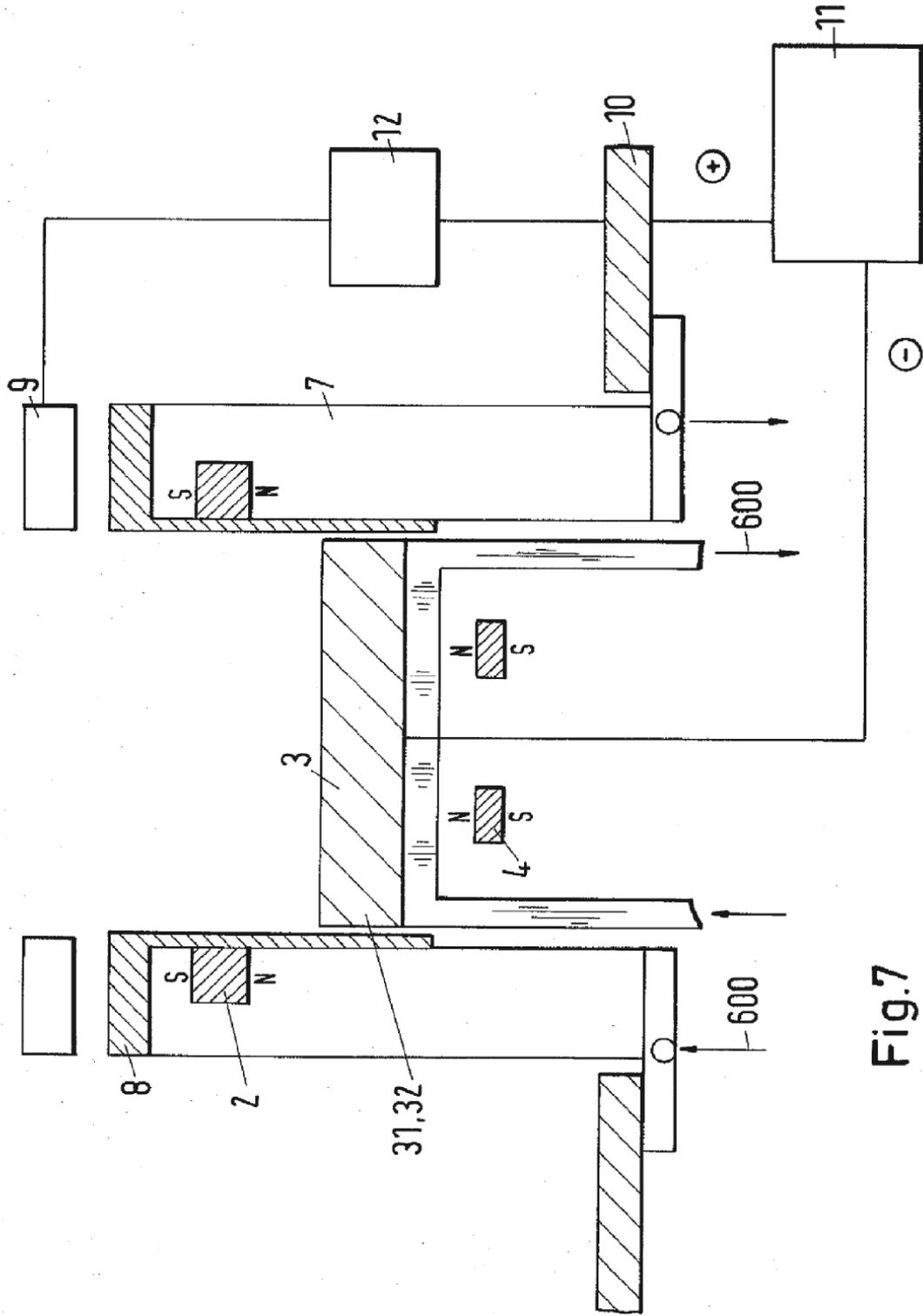


Fig.7

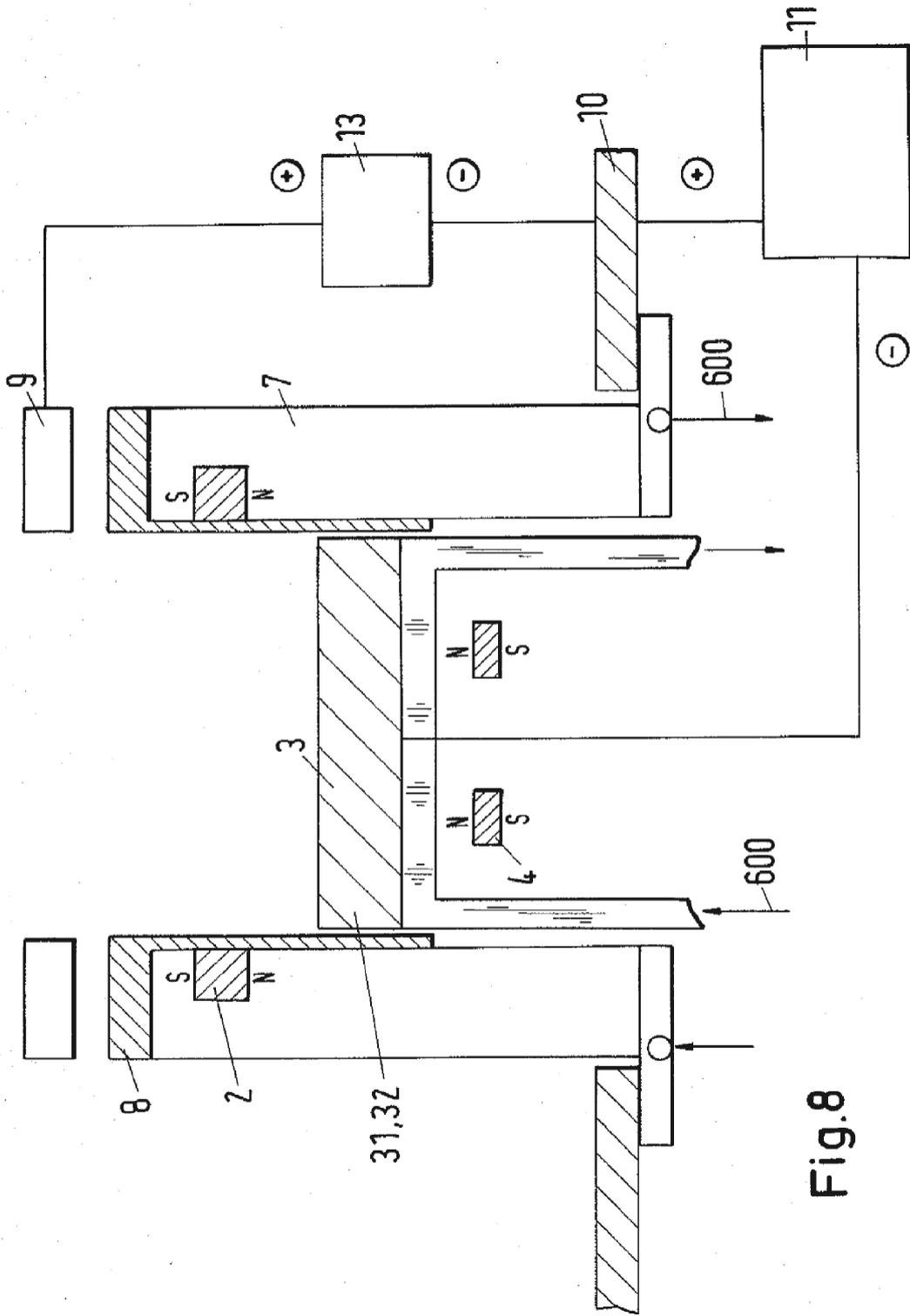


Fig.8

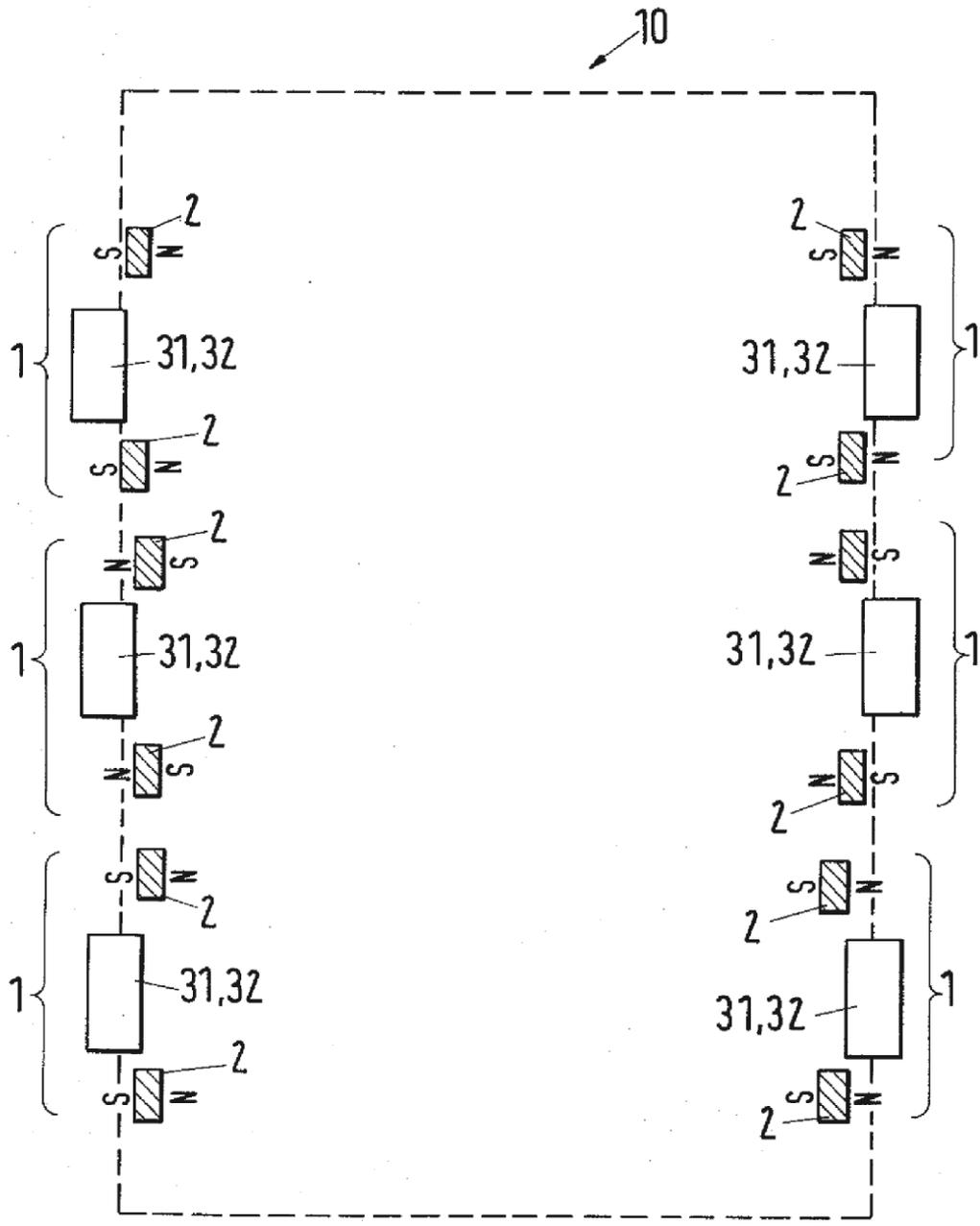


Fig.9

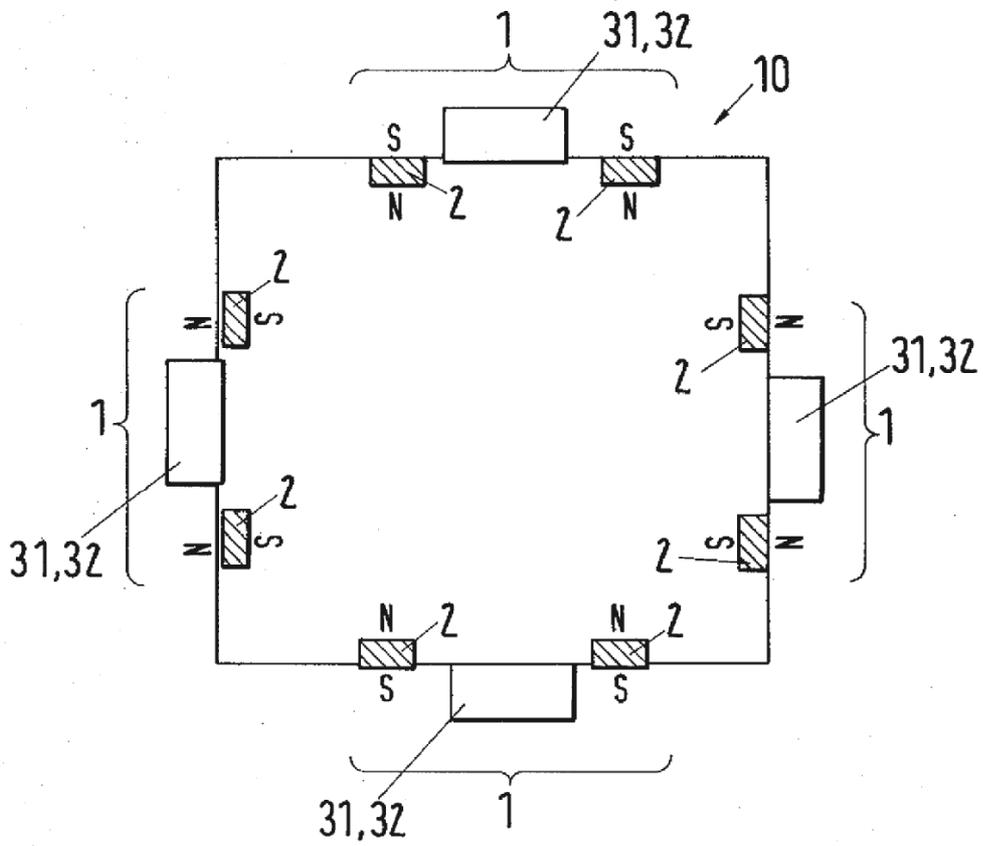


Fig.10