

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 560 081**

51 Int. Cl.:

**C04B 35/119** (2006.01)

**C23C 4/10** (2006.01)

**F04B 39/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2005 E 05405683 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016 EP 1710216**

54 Título: **Compresor con una capa superficial de un material cerámico y el procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:

**07.04.2005 EP 05405283**

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

**17.02.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BARBEZAT, GÉRARD**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 560 081 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**

Compresor con una capa superficial de un material cerámico y el procedimiento para su fabricación

La invención se refiere a un procedimiento para el recubrimiento térmico de un compresor y a un compresor con una capa superficial.

5 Los recubrimientos cerámicos aplicados a través de pulverización térmica se conocen desde hace mucho tiempo para una pluralidad de aplicaciones. Así, por ejemplo, se recubren caras de superficies de rodadura cilíndricas lubricadas con aceite en motores de vehículos ya desde hace algún tiempo, entre otras cosas, a través de pulverización de plasma, siendo reducida la capa sobre todo el coeficiente de fricción, que está activo entre anillos de pistón y la pared del cilindro, con lo que se reduce claramente el desgaste de anillos de pistón y cilindro, lo que  
10 conduce a una elevación de la potencia de marcha del motor, a una prolongación de los intervalos de mantenimiento, por ejemplo del cambio de aceite y no en último término a un incremento considerable de la potencia del motor. Esto se consigue por medio de diferentes medidas. Por ejemplo, tales capas para motores de combustión lubricados con aceite pueden contener inclusiones de lubricantes secos en una matriz de base, pudiendo estar previstos en la matriz de base adicionalmente poros de tamaño predeterminado, que funciones como bolsas de aceite y de esta manera reducen claramente, junto con los lubricantes secos incrustados relativamente blandos, la fricción entre los anillos del pistón y la pared del cilindro. La matriz de base propiamente dicha, que contiene, entre otros componentes, especialmente los lubricantes secos y los poros, está constituida en este caso por un material de matriz duro, que garantiza una larga duración de vida útil de las superficies del cilindro y de los anillos del pistón. Tal superficie de marcha del cilindro de alto rendimiento moderna se describe en detalle, por ejemplo, en el  
20 documento EP 1 340 834.

El documento DE4040975 muestra un procedimiento para la fabricación de un bloque de cilindros. Por medio de un procedimiento de inyección de llama se aplica una capa de desgaste sobre la superficie de un casquillo de soporte. Esta capa contiene sustancias duras no metálicas como  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$  y  $Cr_2O_3$ .

El documento JP64000258 presenta un material, en forma de una capa superficial. Esta capa superficial ha sido aplicada a través de pulverización térmica de un polvo de inyección. Una composición posible del polvo de inyección y de la capa superficial es 27,6, % en peso de  $ZrO_2$ , 49 % en peso de  $Al_2O_3$ , 21 % en peso de  $Cr_2O_3$  y 2,4 % en peso de  $Y_2O_3$ .

Oras aplicaciones típicas para superficies aplicadas a través de inyección térmica es el recubrimiento de piezas de turbinas con capas de protección del desgaste y capas de aislamiento térmico, de componentes de cojinetes lubricados con aceite, como por ejemplo de cojinetes de cigüeñal u otras piezas de trabajo, que están expuestas a cargas física, químicas y térmicas especiales. De acuerdo con el objeto que deba cumplir la capa, se emplean materiales muy determinados, en general en forma de polvos de inyección o alambres de inyección, que poseen las propiedades y las composiciones específicas necesarias, para generar las propiedades necesarias de la capa superficial a inyectar.

35 Aunque los materiales altamente desarrollados mencionados anteriormente para la generación de capas superficiales en el caso de aplicaciones lubricadas con aceite conducen a resultados excelentes en la aplicación técnica, estos materiales son, sin embargo, totalmente inadecuados para el caso de que debe evitarse el empleo de lubricantes, puesto que estos materiales han sido desarrollados de forma selectiva precisamente para el empleo de aplicaciones lubricadas con aceite.

40 Un ejemplo importante para una aplicación en la que el empleo de líquido lubricante implica inconvenientes considerables son tipos de compresores para la compresión de gases. Tales compresores se conocen perfectamente en formas de realización muy diferentes, por ejemplo como compresores de pistón circular o como compresores de pistón de carrera. Especialmente los compresores de pistón de carrera están muy extendidos y tienen una importancia técnica grande en las más diferentes formas de realización, por ejemplo como compresores monofásicos, cuando no deben generarse presiones demasiado altas o como compresores de varias fases, sobre todo en aplicaciones de alta presión.

45 En este caso se emplean para la compresión de todos los gases posibles, comenzando desde el aire ambiental habitual, pasando por oxígeno puro, nitrógeno, gas natural, gases nobles, hidrógeno o cualquier otro gas o mezcla de gases. Se entiende que de acuerdo con el gas que deba comprimirse o bien en qué zona de presión deben proporcionarse los gases comprimidos, las configuraciones estructurales y técnicas concretas de los compresores empleados varían. Todos estos tipos de compresores se conocen, en principio, perfectamente desde hace mucho tiempo, de manera que no deben describirse en detalle sus datos técnicos especiales en este lugar.

50 En principio, un compresor de pistón de carrera comprende esencialmente un cilindro, en el que está dispuesto móvil en vaivén para la compresión de un gas un pistón, totalmente similar al de un motor de combustión interna de pistón de carrera. El espacio de compresión se limita entonces a través de la pared del cilindro, el pistón dispuesto móvil en él y una tapa de cilindro. El movimiento del pistón en el cilindro es generado a través de una biela motriz conectada

con un árbol de cigüeñal, siendo accionado el árbol de cigüeñal, por ejemplo, por medio de un motor, por ejemplo un motor eléctrico o por medio del acoplamiento en un motor de combustión o en otra unidad de accionamiento.

5 Cuando el pistón se encuentra en la proximidad de una posición de punto muerto inferior, se introduce en la cámara de compresión el gas a comprimir y durante una carrera de compresión siguiente, en la que se reduce en gran medida el volumen de la cámara de compresión a través de un movimiento del pistón en la dirección de su posición de punto muerto superior, se comprime el gas en el volumen cada vez más reducido de la cámara de compresión en una presión más elevada. En la proximidad del punto muerto superior se transmite entonces el gas que está bajo la presión elevada para la elevación siguiente de la presión o cuando la presión es suficientemente alta, se alimenta por ejemplo a un depósito de presión, donde está disponible entonces para la utilización posterior.

10 Para que durante la carrera de compresión del pistón, es decir, durante la reducción del volumen de la cámara de compresión a través del movimiento del pistón en la dirección del punto muerto superior, se pueda generar una presión suficientemente alta, especialmente el pistón debe estar lo mejor obturado posible contra la pared del cilindro, en la que el pistón está guiado en dirección axial durante su movimiento. A tal fin, el pistón dispone, en general, de anillos de obturación configurados como anillos de pistón, que están incrustados de manera bien conocida en una ranura circundante alrededor del pistón y están bajo una cierta tensión previa radial, de manera que el anillo de obturación es presionado con una fuerza determinada contra la superficie de marcha de la pared del cilindro, con lo que se provoca un efecto de obturación, de manera que el gas incluido en el cilindro puede ser comprimido a una presión predeterminada. La mayoría de las veces varios de tales anillos de obturación están dispuestos en forma de una empaquetadura en una o varias ranuras circundantes en el pistón, con lo que se eleva la acción de obturación. En este caso se conocen para aplicaciones especiales también disposiciones con pistón sin anillo de obturación, por ejemplo, pero sólo cuando no debe generarse una presión especialmente alta.

25 Entre otras cosas, a través de las medidas descritas anteriormente se puede conseguir, en efecto, una obturación relativamente buena, pero debido al contacto entre el anillo de obturación y la superficie de marcha de la pared del cilindro y/o debido al contacto entre el pistón y la superficie de marcha de la pared del cilindro a través del movimiento del pistón aparecen fuerzas de fricción considerables, que deben reducirse al mínimo.

Esto se realiza con preferencia a través de la utilización de un lubricante, como por ejemplo a través de la utilización de un aceite lubricante, con lo que se puede reducir suficientemente la fricción entre las partes móviles entre sí. Además, a través del lubricante se puede apoyar adicionalmente la obturación en la periferia del pistón.

30 No obstante, cualquiera que sea la aplicación o forma de realización especial del compresor, en estos compresores lubricados con aceite conocidos a partir del estado de la técnica se plantean problemas considerables a través de una contaminación de los gases a comprimir a través del lubricante.

35 Los problemas en virtud de la contaminación de los gases a través del lubricante pueden ser en este caso de diferente naturaleza. Por ejemplo, cuando se necesitan gases de alta pureza, por ejemplo para la operación en el laboratorio, o cuando se trata de gases comprimidos, que deben quemarse en componentes altamente complicados de sistemas de combustión, se pueden producir contaminaciones de componentes del sistema a través del aceite lubricante. Así, por ejemplo, en vehículos accionados con gas natural, se contaminan componentes del sistema de inyección, como la bomba de inyección o las toberas de inyección. También por motivos de protección del medio ambiente es altamente indeseable con frecuencia una contaminación del gas comprimido, porque, por ejemplo, el lubricante puede llegar como niebla finamente distribuida al medio ambiente o el lubricante se quema al mismo tiempo, por ejemplo en un vehículo accionado con gas, con lo que pueden aparecer productos nocivos de la combustión. Además de contaminaciones que pueden conducir, entre otras cosas, a obstrucciones o estrechamiento en conductos finos de alta presión, no en pocas ocasiones se plantean problemas de corrosión intensificada, por ejemplo de componentes, como conductos metálicos de alta presión, toberas en el sistema o partes de la bomba, puesto que los aceites lubricantes pueden actuar de forma física, química o térmicamente agresiva sobre determinadas sustancias y de esta manera pueden condicionar su desgaste prematuro.

45 Otro problema serio es la formación de gotitas finas de lubricante en el gas comprimido. Así, por ejemplo, puede suceder que el lubricante distribuido en el gas comprimido se condense en las gotitas mencionadas anteriormente, que convierten entonces durante la expansión del gas comprimido en una corriente de gas muy rápida en auténticos proyectiles, que pueden incidir, por ejemplo, sobre paredes o superficies de componentes conectados del sistema y pueden ocasionar allí daños masivos en virtud de su energía cinética alta.

55 Un ejemplo muy importante en la práctica de compresores lubricados con aceite conocidos, que se enfrentan más o menos en el funcionamiento esencialmente con todos estos problemas son, por ejemplo, compresores para la compresión de aire para la activación de frenos en vehículos. Se pueden mencionar aquí especialmente, pero no sólo, sistemas de frenos de vehículos ferroviarios, aviones, turismos y camiones. Tales sistemas de frenos se conocen bien desde hace mucho tiempo y se accionan, en general, con aire comprimido, que es proporcionado en un depósito de reserva de presión. La presión en el depósito de reserva se mantiene o bien se forma a través de un compresor apropiado, que o bien tiene un accionamiento propio, por ejemplo un motor eléctrico, o está acoplado en

la máquina de accionamiento del vehículo o puede ser accionado de otra manera.

En los sistemas de frenos mencionados anteriormente, además del desgaste elevado, juega un papel decisivo en particular naturalmente la seguridad funcional, que puede ser perjudicada por contaminaciones del aire comprimido con lubricante y en el peor de los casos puede conducir a un fallo del sistema de frenos.

- 5 Por lo tanto, sería deseable emplear un compresor que funciona en seco, es decir, un compresor que no necesita lubricante entre el anillo de obturación y la superficie de marcha de la pared del cilindro de la cámara de combustión y/o entre el pistón de compresión y la superficie de marcha de la pared del cilindro de la cámara de compresión para un funcionamiento seguro del compresor.

- 10 En principio, en efecto, se conocen, por ejemplo, recubrimientos de alúmina cerámica desde hace más tiempo que las capas de protección del desgaste o también como aisladores eléctricos. En este caso, para reducir la fragilidad de la alúmina se añade. Por ejemplo  $TiO_2$  como elemento de aleación. Para elevar la tenacidad de la alúmina frágil se conoce también, por otra parte, añadir  $ZrO_2$ , de manera que a través de una conversión acoplada con una modificación del volumen (de tetragonal a monoclinico) en una fase de circonia se eleva la tenacidad frente a la alúmina pura. La elevación de la tenacidad se basa en este caso en tensiones de presión, que son generadas a  
15 través de la conversión en la fase de circonia en un recubrimiento inyectado durante la refrigeración después del proceso de inyección.

- Sin embargo, la tenacidad mejorada en los materiales conocidos a partir del estado de la técnica es siempre a costa de las capas, de manera que éstas son inadecuadas especialmente para recubrimientos de piezas, que están en contacto seco, es decir, que no están en contacto de fricción lubricado con lubricantes, o bien presentan una  
20 duración de vida limitada. Éstas son mal adecuadas como recubrimiento en un compresor que funciona en seco, puesto que la dureza reducida conduce rápidamente a la formación de pistas de desgaste, de manera que la cámara de compresión no está ya suficientemente obturada después de corta duración de funcionamiento. Es decir, que una parte del aire comprimido en la cámara de combustión se puede escapar a través de surcos, que se configuran, por ejemplo, en la superficie de marcha recubierta del cilindro de compresión en virtud de la dureza reducida de la capa,  
25 de manera que no se puede formar ya la presión de trabajo necesaria.

Al menos en la misma medida son inadecuadas las capas, cuya tenacidad no ha sido elevada a través de la adición de otros componentes de aleación como circonia. Tales capas son demasiado poco tenaces y, por lo tanto, demasiado frágiles, de modo que bajo carga mecánica o térmica las capas pueden conducir rápidamente a  
desgaste, por ejemplo a través de la formación de roturas, grietas o surcos en la superficie.

- 30 Por lo tanto, la invención tiene el cometido de proponer un material y un procedimiento para la formación de una capa superficial sobre un compresor por medio de recubrimiento térmico, con el que se consigue especialmente una mejora de la tenacidad con una dureza y resistencia mecánica al mismo tiempo claramente elevadas de la capa superficial inyectada con el material, y que tienen adicionalmente propiedades tribológicas muy buenas.

- El cometido de la invención consiste en proponer un compresor, en particular un compresor de pistón de carrera, que tiene tiempos de actividad claramente más elevados e intervalos de mantenimiento más prolongados, impidiendo al mismo tiempo una contaminación de un medio a comprimir con lubricantes.

Los objetos de la invención que solucionan estos cometidos en el aspecto de aparatos y en el aspecto de la técnica de procedimientos se caracterizan por las características de las reivindicaciones independientes de la categoría respectiva.

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

- La invención se refiere, por lo tanto, a un compresor, en particular un compresor libre de aceite para la compresión de un fluido, que comprende un pistón de compresión dispuesto móvil en una cámara de compresión así como una  
45 capa superficial aplicada por medio de inyección térmica, que comprende entre 40 % y 80 % en peso de  $Al_2O_3$  y entre 10 % y 40 % en peso de  $ZrO_2$ , conteniendo la capa superficial para la optimización simultánea de dureza y tenacidad de la capa superficial adicionalmente entre 5 % y 35 % en peso de  $Cr_2O_3$ .

- A través de la adición de óxido de cromo a la composición de óxido de aluminio y óxido de circonio se mejora considerablemente, además de una alta dureza y una fragilidad claramente reducida, la tenacidad de una capa superficial inyectada. Es decir, que a través del material de acuerdo con la inyección para el recubrimiento térmico,  
50 se optimiza al mismo tiempo la tenacidad, la dureza y la resistencia mecánica. Además, se ha mostrado que una capa superficial inyectada de acuerdo con la invención presenta propiedades de marcha en seco tribológicas excelentes. Es decir, que cuando se recubre, por ejemplo, una superficie de marcha de un cilindro con un material de acuerdo con la invención, entonces se puede conducir un pistón, también bajo cargas extremas, en este cilindro sin un lubricante fluido adicional, sin que se produzcan pérdidas de fricción excesivas. La duración de vida útil de la  
55 capa se eleva en este caso muy claramente en comparación con las capas conocidas, se excluye prácticamente la

formación de muescas o surcos o bien la aparición de grietas o roturas durante periodos de funcionamiento muy largos.

5 De esta manera, el material es adecuado para el recubrimiento de paredes de cilindros en cámaras de compresión de compresores, en particular de compresores de gas, como se emplean en frenos de automóviles, turismos y camiones, vehículos ferroviarios o aeronaves, como aviones. En este caso, el espectro de los campos de aplicación posibles es mucho más amplio. El material es adecuado, en principio, en todas las aplicaciones, en las que dos piezas de trabajo son conducidas o movidas una contra la otra en contacto de fricción sin la utilización de lubricantes, como por ejemplo aceites lubricantes.

10 En un ejemplo de realización preferido, el material contiene adicionalmente óxido de itrio. La adición de óxido de itrio permite una estabilización parcial de la fase de circonia y permite una formación moderada o bien opcional de la tensión de presión en las capas inyectadas.

15 En otro ejemplo de realización, el material contiene adicionalmente y/o alternativamente al óxido de itrio todavía óxido de titanio, lo que conduce a través de la formación de cristales mixtos de  $Al_xTi_yO_zCr_a$  a otra mejora de la tenacidad. En este caso, el óxido de aluminio es  $Al_2O_3$ , el óxido de titanio es con preferencia  $TiO_2$ , el óxido de circonio es  $ZrO_2$ , el óxido de cromo es  $Cr_2O_3$  y el óxido de itrio es con preferencia  $Y_2O_3$ . La porción de óxido de cromo está entre 5 % y 35 % en peso, la porción de óxido de circonio está entre 20 % y 40 % y la porción de óxido de aluminio está entre 40 % y 80 % en peso. Adicionalmente puede estar presente óxido de titanio en una porción de hasta 20 % en peso.

Se entiende que el material puede contener impurezas no esenciales de la invención.

20 El material se prepara en este caso con preferencia como polvo de inyección, de manera que se puede emplear en un procedimiento de polvo de inyección térmico. A tal fin se procesa el material a través de fundición y/o fusión o trituración siguiente y/o cribado para obtener un polvo de inyección térmica.

25 Se entiende que a partir de los materiales descritos anteriormente o de cualquier combinación de éstos se pueden fabricar, por ejemplo, también alambres de inyección para la inyección térmica o el material se puede preparar en cualquier otra forma adecuada para la inyección térmica.

Si se fabrica el material a partir de polvo de inyección térmica, entonces el tamaño de las partículas del polvo de inyección en un ejemplo de realización especial está entre 1  $\mu m$  y 90  $\mu m$ , con preferencia entre 5  $\mu m$  y 45  $\mu m$ .

30 La capa superficial aplicada a través de inyección térmica es a base de una cerámica de óxido que comprende óxido de aluminio, y óxido de circonio, conteniendo la capa superficial adicionalmente óxido de cromo para la optimización simultánea de la dureza y la tenacidad.

En otros ejemplos de realización preferidos, la capa superficial puede contener adicionalmente óxido de itrio y/o óxido de titanio.

35 La porción de óxido de cromo en la capa superficial está entre 5 % y 35 % en peso, la porción de óxido de circonio está entre 10 % y 40% en peso y la porción de óxido de aluminio está entre 40 % y 80 % en peso. Adicionalmente puede estar contenido hasta 20 % en peso de óxido de titanio.

40 El  $Cr_3O_3$  es soluble en este caso en alúmina y se ha mostrado que en este caso se reducen claramente tanto la dureza como también la tribocapacidad del sistema, es decir, especialmente la fricción en condiciones de marcha en seco. A través de la adición de óxido de titanio  $TiO_2$  se mejoran claramente las propiedades de deslizamiento, mientras que el óxido de itrio  $Y_2O_3$  suprime o bien impide la formación de la fase monoclinica de  $ZrO_2$ . Se entiende que la capa superficial puede contener, además, impurezas no esenciales de la invención en cantidades no esenciales. El óxido de aluminio  $Al_2O_3$  está presente en este caso en la capa superficial con preferencia como alúmina cristalina fase- $\alpha$  o como alúmina cristalina fase- $\gamma$  y/o el  $ZrO_2$  está presente con preferencia como fase monoclinica y/o como fase tetragonal.

45 La capa superficial presenta en este caso una microdureza  $HV_{0,3}$  claramente mejorada con respecto al estado de la técnica, que está entre 500  $HV_{0,3}$  y 1200  $HV_{0,3}$ , en particular entre 800  $HV_{0,3}$  y 850  $HV_{0,3}$ .

50 En la Tabla siguiente se representan de forma ejemplar tres ejemplos de realización diferentes F6350, F6351 y F6352 de recubrimientos interiores de acuerdo con la invención de paredes de cilindros de compresores de pistón de carrera y se confrontan para comparación con el recubrimiento de referencia conocido AMDRY 6350. En particular, llama la atención la dureza claramente mejorada de las capas superficiales de acuerdo con la invención, que es atribuible sobre todo a la adición de óxido de cromo. Las capas han sido inyectadas, en general, con un procedimiento de inyección de plasma atmosférica (procedimiento APS) con un quemador de inyección de plasma Sulzer Metco del tipo F 300.

Características del material de la capa y de la superficie en el recubrimiento interior en el diámetro de 50 a 60 mm, procedimiento APS, quemador de inyección de plasma SM F 300							
Designación	Composición química [% en peso]					Microdureza [HV <sub>0,3</sub> ]	Fases cristalinas principales
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
F6350	60	20	20	-	-	840	Alúmina α, Alúmina γ, ZrO <sub>2</sub> monoclinico ZrO <sub>2</sub> tetragonal
F6351	55	15	20	10	-	845	Alúmina α, Alúmina γ, ZrO <sub>2</sub> monoclinico ZrO <sub>2</sub> tetragonal
F6352	55	15	15	7,5	7,5	845	Alúmina α, Alúmina γ, ZrO <sub>2</sub> tetragonal
AMDR 6350	60	40	-	-	-	700	Alúmina α, Alúmina γ, ZrO <sub>2</sub> monoclinico ZrO <sub>2</sub> tetragonal

5 En un ejemplo de realización especialmente importante para la práctica técnica, el compresor comprende una cámara de compresión delimitada por un cilindro con una pared de cilindro, que está provista con una capa superficial de acuerdo con la presente invención, y en cuyo cilindro está dispuesto móvil en vaivén un pistón de carrera para la compresión del fluido.

En este caso, el compresor no tiene que ser necesariamente un compresor de de pistón de carrera, sino que el compresor puede ser también otro compresor libre de aceite lubricante, como por ejemplo un compresor de pistón circular o un compresor de otro tipo de construcción.

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

La figura 1 muestra un compresor de pistón de carrera con una capa superficial de acuerdo con la invención.

La figura 1 muestra en una representación esquemática un compresor de pistón de carrera con una capa superficial formada del material de acuerdo con la invención.

15 Un ejemplo de realización especialmente importante para la práctica de un compresor de acuerdo con la invención, que se designa a continuación, en general, con el signo de referencia 1, se representa de forma esquemática en la sección en la figura 1.

El compresor de pistón de carrera 1 comprende de manera conocida en sí esencialmente un cilindro 6, en el que se encuentra una cámara de compresión 2.

20 La figura 1 muestra en una representación esquemática un compresor de pistón de carrera con una capa superficial formada del material de acuerdo con la invención.

Un ejemplo de realización especialmente importante para la práctica de un compresor de acuerdo con la invención, que se designa a continuación, en general, con el signo de referencia 1, se representa de forma esquemática en la sección en la figura 1.

25 El compresor de pistón de carrera 1 comprende de manera conocida en sí esencialmente un cilindro 6, en el que está configurada una cámara de compresión 2, en la que para la compresión de un gas un pistón 3, está dispuesto de manera móvil en vaivén de forma totalmente similar a un motor de combustión interna de pistón de carrera. La cámara de compresión 2 está delimitada por la pared del cilindro 4, el pistón 3 dispuesto móvil allí y una tapa de cilindro no representada aquí. El movimiento del pistón 3 en el cilindro 6 es generado a través de una biela 7 conectada con un árbol de cigüeñal tampoco representado, siendo accionado el árbol de cigüeñal, por ejemplo, a

través de un motor, por ejemplo un motor eléctrico o a través de un acoplamiento en un motor de combustión o en otra unidad de accionamiento.

5 Cuando el pistón 3 se encuentra en la proximidad de una posición de punto muerto inferior, se introduce en la cámara de compresión 2 el gas a comprimir y durante una carrera de compresión siguiente, en la que el volumen de la cámara de compresión 2 se reduce fuertemente a través de un movimiento del pistón 3 en la dirección de su posición de punto muerto superior, se comprime el gas en el volumen reducido de la cámara de compresión 2 a una presión más elevada. En la proximidad del punto muerto superior, se transmite entonces el gas que está bajo la presión elevada de manera conocida a través de una válvula no representada, por ejemplo, a otra fase de compresión para la elevación de la presión o cuando la presión es suficientemente alta, se conduce, por ejemplo, a un depósito de presión, donde está disponible entonces para utilización posterior.

10 Para que durante la carrera de compresión del pistón 3, es decir, durante la reducción del volumen de la cámara de compresión 2 a través del movimiento del pistón en la dirección del punto muerto superior, se pueda generar una presión suficientemente alta, el pistón 3 representado en la figura 1 dispone de un anillo de obturación 8 configurado como anillo de pistón 8, que está incrustado de manera perfectamente conocida en una ranura 9 circundante alrededor del pistón 3 y con preferencia bajo una cierta tensión previa radial, de manera que el anillo de obturación 8 es presionado con una fuerza predeterminada contra la superficie de rodadura de la pared del cilindro 4, con lo que se provoque un efecto de obturación, de manera que el gas introducido en el cilindro puede ser comprimido a una presión predeterminada. Con preferencia, pero no necesariamente, el anillo de obturación 8 está constituido de un plástico especial, que está adaptado de una manera óptima a altos requerimientos, en particular a solicitaciones térmicas y tribológicas así como a las relaciones existentes de la presión del gas. Evidentemente, el anillo de obturación 8 puede estar constituido de cualquier otro material, por ejemplo de metales adecuados, aleaciones metálicas, materiales compuestos u otros materiales adecuados.

15 En el presente ejemplo de la figura 1, por razones de claridad solamente se representa un anillo de obturación 8. Se entiende que de acuerdo con la aplicación, pueden estar dispuestos también varios de tales anillos de obturación 8, por ejemplo en forma de una empaquetadura en una o varias ranuras circundantes 9 en el pistón 3, con lo que se eleva la acción de obturación. En este caso, para aplicaciones especiales se conocen también disposiciones con pistón 3 sin anillo de obturación 8, por elemento pero no sólo, cuando no debe generarse ninguna presión especialmente alta.

20 De acuerdo con la invención, la pared cilíndrica 4 del compresor 1 está provista con una capa superficial 5, que contiene sobre la base de una cerámica de óxido al menos óxido de aluminio, óxido de circonio y para la optimización simultánea de la dureza y la tenacidad adicionalmente óxido de cromo.

25 La capa superficial 5 está repasada en este caso con preferencia, pero no necesariamente, después de la inyección a través de rectificación u otras medidas, de manera que se consigue una adaptación óptima del anillo de obturación 8 a la capa superficial 5, de modo que tanto la acción de obturación como también las propiedades de circulación están optimizadas, en particular las propiedades tribológicas.

30 Un material a base de una cerámica de óxido se utiliza para la fabricación de una capa superficial por medio de recubrimiento térmico, con la que se optimiza al mismo tiempo la dureza y tenacidad de una capa superficial inyectada con ella y que presenta al mismo tiempo propiedades excelentes de marcha en seco.

35 Esto se consigue por medio de la adición de óxido de cromo a una composición de óxido de aluminio y óxido de circonio, de manera que además de una dureza alta y una fragilidad claramente reducida, se mejora considerablemente la tenacidad de una capa superficial inyectada.

40 Cuando se recubre, por ejemplo, una superficie de marcha de un cilindro con el material mencionado en la reivindicación 1, entonces se puede conducir también bajo cargas extremas un pistón en este cilindro sin un lubricante fluido adicional, sin que aparezcan pérdidas de fricción excesivas. La duración de vida útil de la capa se eleva en este caso muy claramente en comparación con capas conocidas, se excluye prácticamente la formación de muescas o surcos o bien la aparición de grietas o roturas durante periodos de tiempo muy largos y, además, se consigue en colaboración con un pistón de compresión y eventualmente otros componentes de obturación, como por ejemplo anillos de pistón, una acción de obturación excelente frente a la cámara de compresión, en la que el gas a comprimir se comprime en el estado de funcionamiento del compresor. De esta manera, el compresor es adecuado para el recubrimiento de paredes cilíndricas en cámaras de compresión de compresores, en particular de compresores de gas, como se emplean en frenos de automóviles, turismos o camiones, vehículos ferroviarios o aeronaves, como aviones. El espectro de los campos de aplicación posibles es más amplio, puesto que el material se puede emplear con éxito, en principio, en todas las aplicaciones, en las que dos piezas de trabajo se conducen o se mueven en contacto de fricción entre sí sin utilizar lubricantes, como por ejemplo aceites lubricantes.

55

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Compresor, en particular compresor libre de aceite para la compresión de un fluido, que comprende un pistón de compresión (3) dispuesto móvil en una cámara de compresión (2), **caracterizado** porque sobre una pared de limitación (4) de la cámara de compresión (2) está prevista una capa superficial (5) aplicada a través de inyección térmica a base de una cerámica de óxido que comprende entre 40 % y 80 % en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y entre 10 % y 40 % en peso de  $\text{ZrO}_2$ , en el que la capa superficial contiene para la optimización simultánea de la dureza y la tenacidad entre 5 % y 35 % en peso de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
- 10 2.- Compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa superficial contiene adicionalmente óxido de itrio, con preferencia  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , en particular hasta 20 % en peso y/u óxido de titanio, con preferencia  $\text{TiO}_2$ , en particular hasta 20 % en peso de  $\text{TiO}_2$ .
- 3.- Compresor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que  $\text{Al}_2\text{O}_3$  está presente como alúmina cristalina de fases- $\alpha$  y/o como alúmina cristalina de fase- $\gamma$  en la capa superficial (5).
- 15 4.- Compresor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que  $\text{ZrO}_2$  está presente como fase monoclinica y/o como fases tetragonal.
- 5.- Compresor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la capa superficial (5) presenta una microdureza  $\text{HV}_{0,3}$  entre 500  $\text{HV}_{0,3}$  y 1200  $\text{HV}_{0,3}$ , con preferencia entre 800  $\text{HV}_{0,3}$  y 850  $\text{HV}_{0,3}$ .
- 20 6.-Compresor de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el compresor es un compresor de pistón de carrera, que comprende una cámara de compresión (2) delimitada por un cilindro (4), que está provista con la capa superficial (6), y en cuyo cilindro (2) está dispuesto móvil en vaivén un pistón de carrera (3) para la compresión del fluido, de manera que un diámetro del cilindro está con preferencia entre 40 mm y 80 mm, en particular 50 mm y 60 mm.
- 25 7.- Utilización de un material para la fabricación de una capa superficial (5) por medio de recubrimiento térmico sobre una pared de limitación (4) de una cámara de compresión (2) de un compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el material es un material a base de una cerámica de óxido que comprende entre 40 % y 80 % en peso de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y entre 10 % y 40 % en peso de  $\text{ZrO}_2$ , en el que el material contiene para la optimización simultánea de la dureza y la tenacidad de la capa superficial (5) entre 5 % y 35 % en peso de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
- 8.- Utilización de un material de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el material contiene adicionalmente óxido de itrio, con preferencia  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , en particular hasta 20 % en peso y/u óxido de titanio, con preferencia  $\text{TiO}_2$ , en particular hasta 20 % en peso de  $\text{TiO}_2$ .
- 30 9.- Utilización de un material de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 u 8, en la que el material es un polvo de inyección térmica fabricado a través de fundición y/o fusión y rotura siguiente y/o cribado.
- 10.- Utilización de un material de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el tamaño de las partículas del polvo de inyección está entre 1  $\mu\text{m}$  y 90  $\mu\text{m}$ , con preferencia entre 5  $\mu\text{m}$  y 45  $\mu\text{m}$ .
- 35 11.- Procedimiento de recubrimiento para la aplicación de una capa superficial (5) sobre un compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, utilizando un material de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el procedimiento de recubrimiento es un procedimiento de inyección de plasma atmosférico, un procedimiento de inyección de plasma de baja presión, un procedimiento de inyección de llama, o un procedimiento de inyección de llama de alta velocidad.
- 40



Fig.1

