



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 956**

51 Int. Cl.:
G21B 1/13 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05799631 .6**

96 Fecha de presentación : **21.10.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1812933**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2007**

54

Título: **Componente de dispositivo de refrigeración monobloque.**

30

Prioridad: **27.10.2004 AT GM780/2004**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.06.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.06.2011

73

Titular/es: **PLANSEE SE**
6600 Reutte, AT

72

Inventor/es: **Schedler, Bertram;**
Schedle, Dietmar;
Scheiber, Karl-Heinz;
Huber, Thomas;
Friedrich, Thomas;
Zabernig, Anton y
Friedle, Hans-Dieter

74

Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 360 956 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

Componente de dispositivo de refrigeración monobloque

- 5 La invención se refiere a un componente de dispositivo de refrigeración con un orificio de paso para conducir el medio refrigerante que comprende al menos un blindaje térmico hecho de tungsteno, una aleación de tungsteno, un material de grafito o un material de carburo.
- 10 Un ejemplo típico del uso de este tipo de componentes de dispositivo de refrigeración son los componentes de la primera pared de los reactores de fusión, por ejemplo, el desviador y el limitador que están expuestos a cargas máximas superiores a 10 mW/m^2 . La zona expuesta al plasma se denomina blindaje térmico, el componente expuesto al plasma, PFC (Plasma Facing Component) y el material expuesto al plasma, PFM (Plasma Facing Material). Los componentes expuestos al plasma tienen que ser compatibles con el plasma, presentar una alta resistencia contra la pulverización catódica y la erosión química, tener un alto punto de fusión/punto de sublimación y ser resistentes al choque térmico. Además, deben presentar una alta conductibilidad térmica, una pequeña capacidad de activación de neutrones, así como una resistencia/tenacidad a la rotura suficientes con una buena disponibilidad y costos aceptables. El tungsteno, las aleaciones de tungsteno (por ejemplo, W-1 por ciento en peso La_2O_3), los materiales de grafito (por ejemplo, grafito reforzado con fibras) y los materiales de carburo (por ejemplo, carburo de boro) son los que mejor cumplen este perfil de requisitos múltiples y en parte contrarios. Como las corrientes de energía actúan durante un período más largo de tiempo sobre estos componentes, este tipo de componentes de dispositivo de refrigeración se enfría típicamente de forma activa. La evacuación del calor se refuerza mediante disipadores térmicos hechos, por ejemplo, de cobre o aleaciones de cobre, que están unidos usualmente por arrastre de forma con el PFM.
- 15
- 20
- 25 Los componentes de dispositivo de refrigeración se pueden realizar con un diseño diferente (véase, por ejemplo, Pizzuro y col. - Fusion Technology, tomo 1, 1997, páginas 291-294, volumen 1). En este caso se establece una diferencia entre el diseño de teja plana, silla y monobloque.
- 30 Si una teja de PFM se une mediante una superficie plana de unión con el disipador térmico, a través del que circula el medio refrigerante, se habla de un diseño de teja plana. En el caso del diseño de silla, un cuerpo de PFM se une mediante una entalladura semicircular con un disipador térmico realizado de forma tubular. El disipador térmico tiene aquí la función respectivamente de establecer el contacto térmico entre el lado de entrada de calor y el medio refrigerante y está expuesto a cargas cíclicas, inducidas por calor, que se derivan del gradiente de temperatura y de los diferentes coeficientes de dilatación de los elementos de ensamblaje.
- 35
- 40 En el diseño monobloque, el blindaje térmico de PFM, que presenta un orificio de paso cerrado, envuelve un tubo que conduce el agua refrigerante. Mientras que en el diseño de silla y teja plana, los componentes individuales del blindaje térmico se pueden separar del disipador térmico debido a la carga cíclica termomecánica durante el uso, se excluye una pérdida de componentes del blindaje térmico en el diseño monobloque por razones geométricas. Sin embargo, el diseño monobloque tiene la desventaja de que el PFM ha de soportar no sólo cargas inducidas por calor, sino también cargas mecánicas que se producen adicionalmente. Estas cargas mecánicas adicionales se pueden generar mediante corrientes inducidas de forma electromagnética que circulan en los componentes e interactúan con el campo magnético del entorno. Aquí se pueden producir fuerzas de aceleración de alta frecuencia que han de ser transmitidas por las estructuras participantes. En el diseño de teja plana y silla, estas fuerzas se transmiten mediante materiales estructurales y en el diseño monobloque, mediante el PFM. Sin embargo, el tungsteno, las aleaciones de tungsteno y los materiales de grafito y carburo presentan una baja tenacidad a la rotura. En el caso de grafitos reforzados con fibras se añade además la resistencia comparativamente pequeña. Durante el uso se produce adicionalmente una fragilización por neutrones, lo que provoca otro aumento de la sensibilidad de estos materiales respecto a la formación de grietas.
- 45
- 50 A pesar de una actividad costosa de desarrollo de varios años en el campo de los componentes de la primera pared, los elementos constructivos existentes hasta el momento no cumplen de forma óptima el perfil de requisitos. Esto se debe a que la aplicación a escala industrial de la técnica de fusión sigue siendo un objetivo lejano.
- 55 Por tanto, el objetivo de la invención es poner a disposición un componente de dispositivo de refrigeración con diseño monobloque (blindaje térmico de PFM con orificio de paso) que cumpla adecuadamente los requisitos resultantes tanto de las solicitaciones físicas como mecánicas.

5 Este objetivo se consigue mediante un componente de dispositivo de refrigeración que comprende al menos un blindaje térmico hecho de tungsteno, una aleación de tungsteno, un material de grafito o un material de carburo y provisto de un orificio de paso, así como al menos un elemento estructural hecho de un material con una resistencia a la tracción a temperatura ambiente > 300 MPa y una resistencia eléctrica específica $> 0,04$ Ohm $\text{mm}^2 \text{m}^{-1}$ y al menos un tubo de refrigeración para conducir el medio refrigerante, estando unidos metalúrgicamente el blindaje térmico y el elemento estructural.

10 El componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención cumple de forma ideal el perfil de requisitos múltiples y parcialmente contrarios, que aparece indicado en la descripción, y soluciona así fácilmente un problema existente desde hace mucho tiempo. Se ha comprobado que con una resistencia del elemento estructural > 300 MPa y una resistencia eléctrica específica $> 0,04$ Ohm $\text{mm}^2 \text{m}^{-1}$ se puede evitar tanto una formación de grietas en el PFM frágil como una pérdida del blindaje térmico.

15 El blindaje térmico presenta preferentemente un orificio de paso cerrado, por ejemplo, en forma de un taladro continuo. Los materiales preferidos para el blindaje térmico son el CFC (grafito reforzado con fibras de carbono), el tungsteno puro y W-1 por ciento en peso La_2O_3 . Resulta ventajoso además que en caso de una longitud proyectada l y una anchura proyectada b del blindaje térmico, la superficie de ensamblaje proyectada entre el blindaje térmico y el elemento estructural es $> 0,3 \cdot (l \cdot b)$. Por longitud, anchura y superficie proyectadas se ha de entender aquí la proyección vertical sobre una superficie plana. En un tramo/superficie realizado de forma plana o rectilínea, la longitud, la anchura y la superficie reales están en correspondencia con la longitud, la anchura y la superficie proyectadas. En un tramo/superficie con una realización curvada, el tramo/superficie proyectado es correspondientemente menor. Para garantizar una seguridad del elemento constructivo durante un período largo de carga en componentes sometidos a cargas máximas resulta ventajosa una superficie de ensamblaje proyectada $> 0,8(l \cdot b)$.

25 También resulta ventajosa una permeabilidad magnética relativa del elemento estructural $< 1,2$. Los materiales especialmente adecuados para el elemento estructural son en este caso los materiales de base de Fe, Ti y Ni que presentan las propiedades físicas mencionadas arriba. Se han de destacar en especial los aceros austeníticos, ferríticos, ferrítico-martensíticos y materiales ODS (oxide-dispersion-strengthened).

30 Para reducir las tensiones en el compuesto de material es ventajoso colocar entre el blindaje térmico y el elemento estructural una capa intermedia provista con preferencia de un espesor de 0,01 a 5 mm y hecha de un material dúctil con una dureza < 300 HV, presentando la capa intermedia de un modo especialmente ventajoso una entalladura de descarga. Ha resultado ventajoso que la capa intermedia esté hecha de cobre o de una aleación de cobre.

35 Una estructuración en la superficie de ensamblaje, preferentemente en el lado del blindaje térmico, por ejemplo, mediante láser, reduce también el peligro de grietas.

40 Otras formas ventajosas de realización son una sección transversal, que se va estrechando, del elemento estructural a una distancia creciente de la superficie de ensamblaje, una realización plana de la superficie de ensamblaje y la disposición de un chaflán o un redondeado en la zona marginal de la superficie de ensamblaje/elemento estructural.

45 La unión metalúrgica entre el blindaje térmico y el elemento estructural se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante soldadura indirecta, fundición conjunta y simultánea de ambos elementos de unión o mediante fundición del blindaje térmico con una capa dúctil gruesa, por ejemplo, de cobre o aluminio, seguida de un proceso de unión mediante soldadura indirecta, soldadura por haz de electrones o, por ejemplo, soldadura por difusión. Dependiendo de la forma de realización, la unión del tubo de refrigeración con el blindaje térmico se puede llevar a cabo antes o después del proceso de unión con el elemento estructural.

50 De este modo se obtienen las siguientes variantes de fabricación, aunque las posibilidades no se limitan a los ejemplos indicados.

55 Variante 1

Fundición del orificio de paso y de una superficie lateral del blindaje térmico con un material dúctil. Dependiendo del material dúctil seleccionado, este proceso se puede llevar a cabo en uno o dos pasos separados de proceso. A continuación se une el tubo con el componente descrito antes. La superficie lateral del blindaje térmico, que está provista del material dúctil, se une con el elemento estructural, por ejemplo, mediante soldadura indirecta, soldadura EB o HIP (prensado isostático a temperatura elevada).

Variante 2

5 El orificio de paso y la superficie del blindaje térmico, situada en el lado del elemento estructural, se funden con un material dúctil. Dependiendo del material dúctil seleccionado, esto se puede llevar a cabo en uno o dos pasos separados de proceso. A continuación el componente, fabricado de este modo, se une mediante la capa dúctil con el elemento estructural (por ejemplo, mediante soldadura indirecta, soldadura EB o HIP). El paso 1 y el paso 2 se pueden unificar también en un paso de proceso. En este caso, el elemento estructural ha de presentar un punto de fusión mayor que el del material dúctil. El tubo de refrigeración se une después con el componente descrito antes.

10 El elemento estructural se une a su vez ventajosamente por arrastre de forma o material con un elemento de soporte, por ejemplo, de acero. La unión por arrastre de material se puede realizar, por ejemplo, mediante soldadura y la unión por arrastre de forma, mediante una unión rígida por perno mediante uno o varios nervios. En caso de grandes diferencias en la dilatación térmica, que se producen durante el uso, puede ser ventajosa también una unión mecánica deslizante que posibilita un movimiento relativo entre el elemento estructural y el elemento de soporte.

15 La invención se explica detalladamente a continuación mediante figuras y ejemplos de fabricación.

20 La Fig. 1 muestra un componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la invención en vista en planta desde arriba,

las Fig. 2 a 8 muestran en vista en corte transversal.

25 El componente -1- de dispositivo de refrigeración de la figura 1 está compuesto de un blindaje térmico -2- unido por arrastre de material con un tubo -4- de refrigeración mediante una capa intermedia dúctil -7-. El blindaje térmico con la longitud l y la anchura b está unido a su vez por arrastre de material en su superficie (6) de ensamblaje con el elemento estructural -3-, siendo la superficie de ensamblaje proyectada l·b.

30 La figura 2 muestra un componente -1- de dispositivo de refrigeración, en el que el blindaje térmico -2- está unido por arrastre de material con el elemento estructural -3- mediante una capa intermedia dúctil -13-. La capa intermedia 13 presenta en la figura 3 una entalladura -8- de descarga. La figura 4 muestra un componente -1- de dispositivo de refrigeración, en el que el elemento estructural -3- presenta una sección transversal que se va estrechando. Las zonas marginales de la superficie -6- de ensamblaje están realizadas en la figura 5 con radios -9- y en la figura 6, con chaflanes. Los radios o chaflanes pueden estar dirigidos aquí hacia arriba o hacia abajo. La figura 7 muestra a su vez un componente -1- de dispositivo de refrigeración con un elemento -11- de soporte unido por arrastre de material. El elemento -11- de soporte está unido en la figura 8 por arrastre de forma con el elemento estructural -3- mediante una unión por perno -12-.

Ejemplo 1

40 Un componente de dispositivo de refrigeración con diseño monobloque y un blindaje térmico hecho a partir de grafito reforzado con fibras de carbono (CFC) se fabricó de la siguiente forma: Tres bloques de CFC con una dimensión de 28 mm (dirección ex-pitsch), 25 mm (dirección x-PAN) y 20 mm (dirección de fibras) se proveyeron de un orificio de paso, a saber, en forma de un taladro con un diámetro de 14 mm. A continuación se estructuró mediante láser el lado interior del taladro, así como un lado de bloque con la dimensión 25 x 20 mm. En un paso siguiente se aplicó cobre OFHC en el taladro estructurado o sobre la superficie estructurada de bloque mediante un proceso de fundición, disponiéndose titanio en la superficie de unión para garantizar la reticulación. Después se procesó mecánicamente el cobre OFHC sobre la superficie de bloque y en el taladro hasta obtenerse un espesor de entre 0,5 y 1 mm. Después se introdujo en el taladro respectivamente un tubo hecho de una aleación de cobre, cromo y circonio con un diámetro aproximado de 12 mm. En el lado de bloque provisto de la capa de cobre OFHC se posicionó respectivamente un bloque de acero, recubierto de una capa de níquel de 5 µm en todos los lados, con una dimensión de 25x20x30 mm. El elemento ensamblado fabricado de este modo se situó a continuación en una vasija de acero. La vasija de acero se soldó, se evacuó y se sometió a un proceso HIP a 550°C y 1000 bar. Después de retirarse la vasija se comprobó el componente de dispositivo de refrigeración mediante ultrasonido. Las superficies de unión no tenían defectos. A continuación se mecanizó el componente de dispositivo de refrigeración fabricado de este modo y se montó de forma deslizante mediante una unión por perno sobre una estructura de acero.

Ejemplo 2

60 Un componente de dispositivo de refrigeración con diseño monobloque y un blindaje térmico de tungsteno se fabricó de la siguiente forma:

- Tres bloques de tungsteno con una dimensión de 28x25x20 mm se proveyeron respectivamente de un orificio de paso, a saber, en forma de un taladro con un diámetro de 14 mm. El taladro y una superficie lateral del bloque de tungsteno de 25x20 mm se fundieron con cobre OFHC. Después del proceso de fundición, el cobre OFHC existente tanto en el taladro como sobre la superficie de bloque se procesó mecánicamente hasta obtenerse un espesor de entre 0,1 y 5 mm. Los bloques de tungsteno fabricados de este modo se ensartaron a continuación en un tubo hecho de una aleación de cobre, cromo y circonio. En el lado de bloque provisto de cobre OFHC se posicionó respectivamente un bloque de acero, recubierto de una capa de níquel de 5 μm en todos los lados, con una dimensión de 25x20x30 mm.
- 5
- 10 El elemento ensamblado fabricado de este modo se situó a continuación en una vasija de acero. La vasija de acero se soldó, se evacuó y se sometió a un proceso HIP a 550°C y 1000 bar. Después de retirarse la vasija se realizó una comprobación mediante ultrasonido que no detectó ningún defecto.
- 15 El componente de dispositivo de refrigeración fabricado de este modo se mecanizó a continuación y se fijó sobre una estructura de acero mediante soldadura por haz de electrones.

REIVINDICACIONES

1. Componente (1) de dispositivo de refrigeración que comprende al menos un blindaje térmico (2) hecho de tungsteno, una aleación de tungsteno, un material de grafito o un material de carburo, provisto de un orificio (5) de paso, así como al menos un elemento estructural (3) hecho de un material con una resistencia a la tracción a temperatura ambiente > 300 MPa y una resistencia eléctrica específica $> 0,04$ Ohm $\text{mm}^2 \text{m}^{-1}$ y al menos un tubo (4) de refrigeración para conducir el medio refrigerante, **caracterizado porque** el blindaje térmico (2) y el elemento estructural (3) están unidos metalúrgicamente.
2. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el blindaje térmico (2) y el tubo (4) de refrigeración están unidos por arrastre de material.
3. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el blindaje térmico (2) presenta una longitud proyectada 1, una anchura proyectada b y una superficie (6) de ensamblaje con el elemento estructural, siendo la superficie (6) de ensamblaje proyectada $> 0,3$ -(l-b).
4. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la superficie (6) de ensamblaje proyectada es $> 0,8$ -(l-b).
5. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** la superficie (6) de ensamblaje está realizada de forma plana.
6. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** la superficie (6) de ensamblaje está realizada de forma estructurada.
7. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** entre el blindaje térmico (2) y el elemento estructural (3) está colocada una capa intermedia (13) hecha de un material dúctil con una dureza < 300 HV.
8. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** la capa intermedia (13) está hecha a partir de un material de base de cobre.
9. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado porque** la capa intermedia (13) está provista de una entalladura (8) de descarga.
10. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizado porque** el espesor de la capa intermedia (13) es de 0,01 a 5 mm.
11. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** entre el blindaje térmico (2) y el tubo (4) de refrigeración está colocada una capa intermedia (7) hecha de un material dúctil con una dureza < 300 HV, preferentemente de cobre.
12. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** el elemento estructural (3) presenta a una distancia creciente de la superficie (6) de ensamblaje una sección transversal que se va estrechando.
13. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** el elemento estructural (3) está hecho de un material de base de Fe, Ti o Ni.
14. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el elemento estructural (3) está hecho a partir de un acero austenítico, ferrítico, ferrítico-martensítico o un material reforzado con dispersiones de óxidos.
15. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado porque** la permeabilidad magnética relativa del elemento estructural es $< 1,2$.
16. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado porque** el blindaje térmico (2) y/o el elemento estructural (3) presentan un radio (9) o un chaflán (10) en la zona de la superficie (6) de ensamblaje.
17. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado porque** el orificio (5) de paso está configurado como taladro continuo.

18. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado porque** el tubo (4) de refrigeración está hecho de un material de base de cobre.
- 5 19. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado porque** el elemento estructural (3) está unido con un elemento (11) de soporte por arrastre de material, con preferencia mediante una soldadura.
- 10 20. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado porque** el elemento estructural (3) está unido con un elemento (11) de soporte por arrastre de forma, con preferencia mediante una unión rígida por perno mediante uno o varios nervios.
- 15 21. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado porque** el elemento estructural (3) está unido con un elemento (11) de soporte mediante una unión mecánica deslizante, con preferencia mediante una unión por perno, que posibilita un movimiento relativo entre el elemento estructural (3) y el elemento (11) de soporte.
- 20 22. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21 para el uso como elemento constructivo de la primera pared en un reactor de fusión.
23. Componente de dispositivo de refrigeración de acuerdo con la reivindicación 22 para el uso como desviador.

DOCUMENTOS CITADOS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de los documentos citados por el solicitante se incluyó exclusivamente para informar al lector y no es parte integrante de la patente europea. Ésta se confeccionó con el máximo cuidado, pero la Oficina Europea de Patentes no asume, sin embargo, ningún tipo de responsabilidad por posibles errores u omisiones.

5

Literatura no patente citada en la descripción

- **Pizzuro y col.** *Fusion Technology*, 1997, vol. 1, 291-294 [0003]

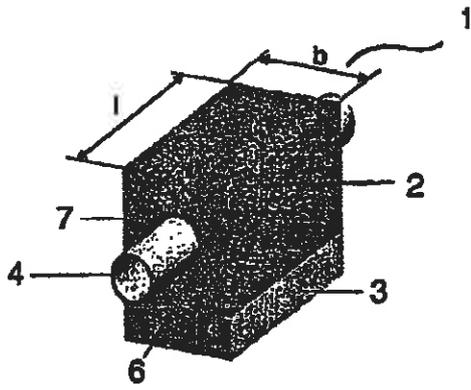


Figura 1

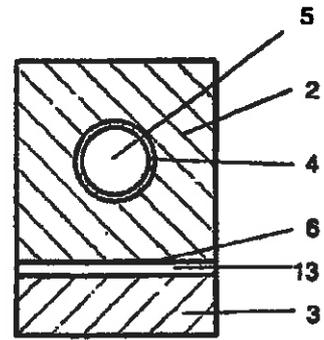


Figura 2

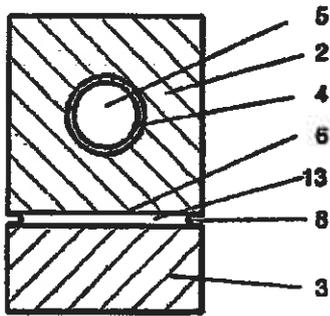


Figura 3

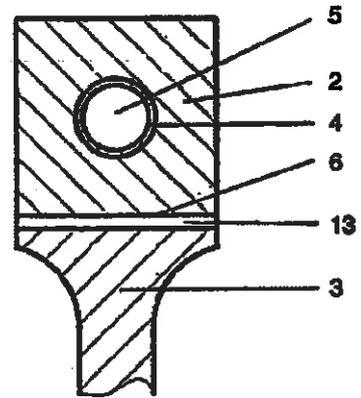


Figura 4

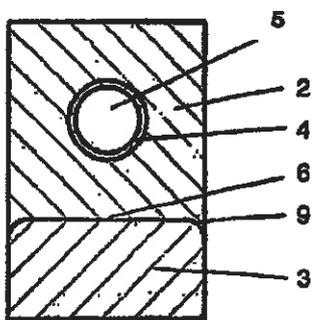


Figura 5

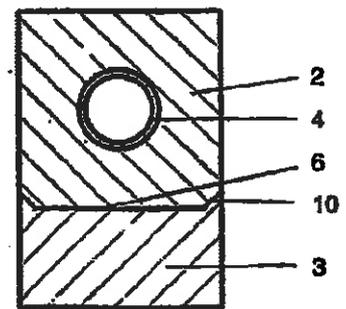


Figura 6

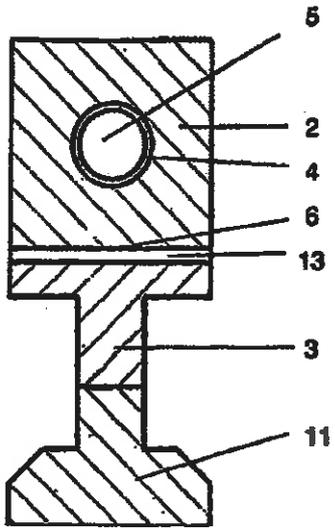


Figura 7

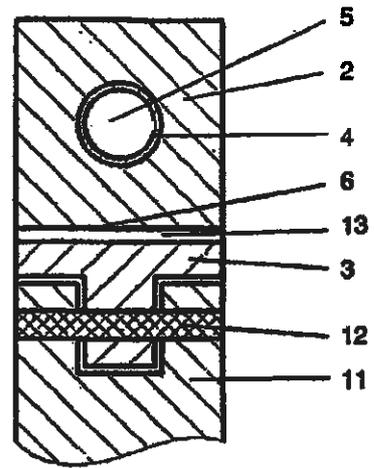


Figura 8