

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 925 034**

(51) Int. Cl.:

**C22C 29/08** (2006.01)  
**B01J 2/18** (2006.01)  
**B01J 2/04** (2006.01)  
**C01B 32/949** (2007.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2011 E 16151793 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2022 EP 3090985**

---

(54) Título: **Preparación de un polvo esférico y un dispositivo para su preparación**

(30) Prioridad:

**18.05.2010 RU 2010119573**  
**10.06.2010 RU 2010123471**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.10.2022**

(73) Titular/es:

**HÖGANÄS AB (100.0%)**  
Bruksgatan 35  
263 39 Höganäs, SE

(72) Inventor/es:

**SAFRONOV, BORIS VLADIMIROVICH;**  
**SHEVCHENKO, RUSLAN ALEKSEEVICH;**  
**CHUKANOV, ANDREY PAVLOVICH;**  
**VAKHRUSHIN, ALEXANDER YURIEVICH y**  
**NADEZHDIN, YURI GENNADIEVICH**

(74) Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

**ES 2 925 034 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

Preparación de un polvo esférico y un dispositivo para su preparación

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere de manera general a la preparación de un polvo, mediante atomización termocentrífuga. La invención se refiere además a un dispositivo para implementar el método.

10 **Antecedentes**

La resistencia al desgaste de los materiales compuestos depende, por ejemplo, de factores que incluyen la concentración y tamaños de partículas de refuerzo y de las propiedades de la matriz. En condiciones iguales, se logra un aumento adicional de la resistencia al desgaste mediante la mejora de las propiedades de partículas en el material compuesto. La preparación de partículas mediante trituración de lingote conduce a imperfecciones, marcas de láminas y otros defectos en partículas que actúan como asientos de destrucción bajo la influencia de cargas. Por lo tanto, en la técnica anterior existe la necesidad de una mejora de la microestructura de partículas y, por consiguiente, sus propiedades mecánicas.

20 El documento SU 1802466 describe un método de preparación de polvo de material refractario que incluye el procesamiento de barras con el suministro de barras a la zona de fusión con un mecanismo de empuje, fusión de barras con plasma, colado de una aleación líquida con corriente de plasma de un segundo plasmatrón, para nodulizador en bandeja y atomización centrífuga.

25 Las desventajas incluyen que la tecnología requiere una mayor intensidad de corriente de la descarga de plasma y que el uso de dos plasmatrones hace que el procedimiento de preparación de polvo sea mucho más costoso.

30 El documento SU 503688 describe una instalación para la preparación de materiales esféricos que comprenden un recipiente de vacío con un crisol de grafito rotatorio en el interior, con un cable de tubo no fundible móvil incorporado que suministra polvo.

35 El documento SU 503688 muestra un método de preparación de materiales esféricos que incluye una descarga eléctrica entre un crisol de grafito rotatorio que es un ánodo y un cátodo de manguito no fundible de wolframio que suministra la sustancia original al crisol calentado bajo la acción del arco eléctrico. En el crisol, aparece una aleación líquida que asciende bajo la influencia de la fuerza centrífuga, y se empuja fuera del crisol, donde después vuela y se solidifica para dar gotas y se cristaliza en vuelo. El procedimiento se lleva a cabo en un medio de gas inerte, argón.

40 Las desventajas incluyen que el electrodo no fundible en el dispositivo no hace posible obtener parámetros óptimos de descarga eléctrica, la corriente aumenta, en el borde del crisol se forma una masa de aleación líquida endurecida (denomina da "rebaba") lo que conduce a una anomalía en la estabilidad del procedimiento de atomización y la sustitución frecuente de un crisol y, por consiguiente, la disminución de la productividad de la instalación y la calidad del polvo producido.

45 En el Journal of the Ukrainian SSR academy of sciences, n.º 72 (836), 1973, se describe un método para producir una aleación de carburo de wolframio, con alta dureza, resistencia y ductilidad.

50 El documento RU 2301133 describe un método y un dispositivo para la preparación de polvo de material refractario, en particular carburo de wolframio fundido. El dispositivo comprende un crisol rotatorio en una cámara en la que se funde el material. Se usa nitrógeno como gas inerte. Se forman gotitas cuando el crisol rota. El calentamiento se proporciona mediante descarga de arco de plasma. La formación de una "rebaba" se evita moviendo la corriente de plasma. La distribución de salida de calor a partir del plasma se puede hacer variar desde el borde del crisol hasta la superficie interna del crisol para evitar la formación de rebaba.

55 El documento EP 0-687-650 describe la fabricación metalúrgica de materiales duros o de óxidos que se solidifican rápidamente en una morfología esférica que comprende fundir materiales sólidos o en polvo usando plasma y luego enfriar rápidamente para solidificar usando un crisol amovible/rotatorio.

60 El documento US 5.089.182 describe un procedimiento para fabricar esferas de carburo de wolframio, sin ningún contenido de material de salpicadura, como esferas sólidas. El carburo de wolframio se calienta hasta aproximadamente 150-300 °C por encima del punto de fusión, y después se funde carburo de wolframio colado y se granula en gas inerte estacionario

65 En la técnica anterior todavía existe la necesidad de reducir la corriente de la descarga de plasma requerida para fundir el material de carga. También existe la necesidad de un método mejorado para mantener de manera segura la temperatura de la aleación líquida más alta que su punto de fusión. También existe la necesidad de

reducir las pérdidas de calor, mejorar la homogeneidad de la aleación líquida y la homogeneidad del polvo obtenido.

5 La aleación de carburo de wolframio fabricada usando tecnología convencional, es decir, fusión con la posterior trituración, tiene una resistencia insuficiente, debido a la presencia de microgrietas.

### Resumen

10 Un objetivo de la presente invención es eliminar al menos algunas de las desventajas en la técnica anterior y proporcionar un método y dispositivo mejorados para la preparación de un polvo.

15 En un primer aspecto se proporciona un método para la fabricación de un polvo, comprendiendo dicho método las etapas de: a) proporcionar una cámara que comprende un crisol rotatorio, b) añadir material a dicho crisol rotatorio, c) fundir el material, en donde el calentamiento se lleva a cabo al menos parcialmente usando una descarga de arco de plasma, d) hacer rotar el crisol para atomizar el material fundido bajo fuerza centrífuga para formar gotitas líquidas, con enfriamiento posterior de las gotitas para obtener un polvo, caracterizado porque el material añadido en dicho crisol rotatorio se calienta hasta una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material antes de entrar en el crisol, en donde el polvo obtenido es al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruros de metal refractario.

20 En un segundo aspecto se proporciona un dispositivo adecuado para fabricar un polvo esférico, en donde el polvo obtenido es al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruros de metal refractario, que comprende una cámara, una tapa, un soplete de plasma móvil, un crisol enfriado cilíndrico, un dispositivo colector para el polvo fabricado, caracterizado porque el dispositivo comprende un dispositivo de calentamiento para el material que va a añadirse al crisol, estando dicho dispositivo de calentamiento adaptado para calentar el material hasta una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material.

25 En las reivindicaciones adjuntas se definen aspectos y realizaciones adicionales.

30 Las ventajas de la invención incluyen que es posible reducir la corriente de la descarga de plasma requerida para fundir el material de carga, pero también mantener de manera segura la temperatura de la aleación líquida más alta que su punto de fusión. Como resultado, se reducen las pérdidas de calor, la aleación líquida se convierte en una composición homogénea y el polvo esférico obtenido durante la atomización se vuelve homogéneo en cuanto a su composición y estructura.

35 Una ventaja adicional es que la distribución del tamaño de partícula se vuelve más estrecha, de modo que aumenta el rendimiento de un tamaño de partícula deseado.

40 Aún otra ventaja es que el coste de energía se reduce significativamente. En una realización, el consumo de energía es más de 3,8 veces menor en comparación con la fabricación de polvo esférico con calentamiento por inducción.

### Breve descripción de los dibujos

45 Ahora se describe la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

45 La figura 1 presenta un esquema de instalación para una realización de la preparación de polvo de material refractario. 15 indica la entrada y la salida de un medio de enfriamiento.

50 La figura 2 presenta el esquema de una realización del crisol de la instalación para la preparación de polvo de material refractario.

### Descripción detallada

55 Antes de divulgarse y describirse en detalle la invención, debe entenderse que esta invención no se limita a compuestos, configuraciones, etapas de método, sustratos y materiales particulares descritos en el presente documento ya que tales compuestos, configuraciones, etapas de método, sustratos y materiales pueden variar en cierta medida. También debe entenderse que la terminología empleada en el presente documento se usa solamente con el fin de describir realizaciones particulares y no se pretende que sea limitativa, ya que el alcance de la presente invención está limitado únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

60 Debe entenderse que, tal como se usa en esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un", "una", y "el/la" incluyen referentes en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

65 Si no se define nada más, se pretende que cualquier término y terminología científica usado en el presente documento tenga los significados habitualmente entendidos por los expertos en la técnica a la que pertenece esta invención.

El término “aproximadamente” como se usa en relación con un valor numérico a lo largo de la descripción y las reivindicaciones indica un intervalo de precisión, familiar y aceptable para un experto en la técnica. Dicho intervalo es  $\pm 10\%$ .

- 5 El término “densidad aparente” se usa en toda la descripción y las reivindicaciones para indicar el peso de un volumen del polvo esférico. La densidad aparente se mide a menudo en gramos por  $\text{cm}^3$ .
- 10 El término “carga de rotura” se usa en toda la descripción y las reivindicaciones para indicar la tensión que, cuando se aplica de manera constante a una partícula de polvo esférica individual, es justo suficiente para romperla o quebrarla. La carga de rotura se mide presionando una partícula de polvo esférica entre dos superficies planas con una fuerza creciente hasta que la partícula de polvo esférica se rompe o se colapsa.
- 15 El término “eutéctico” se usa en toda la descripción y las reivindicaciones para indicar una mezcla de compuestos o elementos que tiene un único que solidifica a una temperatura más baja que cualquier otra composición.
- 20 El término “microdureza” se usa en toda la descripción y las reivindicaciones para indicar el ensayo de dureza de los materiales con cargas aplicadas bajas. Otro término es “ensayo de dureza de microindentación”. En ensayos de dureza de microindentación, un indentador de diamante de geometría específica se imprime en la superficie de la muestra de ensayo usando una fuerza aplicada conocida comúnmente denominada carga de ensayo. La microdureza siempre se mide usando el ensayo de dureza de Vickers HV 0.1 según la norma EN-ISO-6507 (ISO 6507- 1:2005).
- 25 El término “esférico” se usa en toda la descripción y las reivindicaciones en relación con partículas de polvo para indicar que las partículas individuales son esencialmente esféricas. El término esférico en relación con un polvo no significa que todas las partículas de polvo sean esferas perfectas, significa que la mayoría de las partículas, tal como más del 90 %, preferiblemente el 95 %, lo más preferiblemente el 99 % de las partículas de polvo son esencialmente esféricas. Las partículas esféricas se pueden desviar de una esfera geométrica perfecta, pero siempre que sean esencialmente esféricas se denominan esferas.
- 30 30 La capacidad de cambiar la composición de la atmósfera de gas, el flujo de gas de enfriamiento junto con la capacidad de cambiar los parámetros geométricos y de dinámica de gas del flujo de gas, la temperatura, la intensidad de corriente de descarga de plasma, la composición y la tasa de alimentación del gas de plasma, la velocidad de rotación del crisol puede obtener un amplio intervalo de tamaños de polvo a partir de una variedad de materiales refractarios. Los ejemplos de materiales refractarios que pueden usarse incluyen, pero no se limitan a, wolframio y molibdeno, carburos de metales refractarios, mezclas de carburos de metales refractarios, por ejemplo, una mezcla eutéctica de carburo de wolframio (WC-W<sub>2</sub>C); boruros, nitruros y carbonitruros.
- 35 40 Una mezcla eutéctica de carburos de wolframio (WC y W<sub>2</sub>C) con un contenido de carbono (C) del 3,8 – 4,2 % en peso tiene una alta resistencia contra el desgaste por abrasión y por impactos. Es una parte de las composiciones, usadas para fabricar herramientas y recubrimientos resistentes a la abrasión, dentro de, por ejemplo, ingeniería de construcción, equipos de minería y equipos químicos, que funcionan en contacto con materiales duros.
- 45 45 Se describe un polvo de carburo de wolframio esférico, en donde el material tiene una microdureza superior a 3600  $\text{kgf/mm}^2$ , y en donde el polvo tiene una densidad aparente de desde 9,80 hasta 11,56  $\text{g/cm}^3$ .
- 50 En una realización, el material descrito tiene una microdureza de desde 3600 hasta 4200  $\text{kgf/mm}^2$ . En una realización alternativa, el material descrito tiene una microdureza de desde 3600 hasta 4800  $\text{kgf/mm}^2$ .
- 55 50 En una realización, el polvo comprende desde el 3,8 hasta el 4,2 % en peso de carbono (C).
- 55 55 En una realización, el polvo contiene menos del 0,1 % en peso de hierro (Fe).
- 60 55 En una realización, el carburo de wolframio es una mezcla eutéctica de W<sub>2</sub>C y WC.
- 65 60 En una realización, el diámetro de las esferas es de desde 20 hasta 1800  $\mu\text{m}$ .
- 65 65 En un primer aspecto se proporciona un método para la fabricación de un polvo, comprendiendo dicho método las etapas de: a) proporcionar una cámara que comprende un crisol rotatorio, b) añadir material a dicho crisol rotatorio, c) fundir el material, en donde el calentamiento se lleva a cabo al menos parcialmente usando una descarga de arco de plasma, d) hacer rotar el crisol para atomizar el material fundido bajo fuerza centrífuga para formar gotitas líquidas, con enfriamiento posterior de las gotitas para obtener un polvo, caracterizado porque el material añadido en dicho crisol rotatorio se calienta hasta una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material antes de entrar en el crisol, en donde el polvo obtenido es al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruro de metal refractario.

El material añadido a dicho crisol rotatorio se calienta a una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material antes de que entre en el crisol.

El polvo de carburo de wolframio puede fabricarse mediante el método.

- 5 En una realización, el material añadido al crisol comprende carbono (C) y wolframio (W). En una realización, el material añadido al crisol comprende el 3,7-3,9 % en peso de carbono (C).
- 10 En una realización, un gas que comprende al menos un gas seleccionado del grupo que consiste en argón, helio y nitrógeno se usa en dicha cámara. En una realización, se usa nitrógeno en dicha cámara. En una realización, la cámara se limpia de oxígeno perjudicial mediante bombeo a vacío de la cámara y llenándola con un gas. En una realización, se usa una mezcla de gases para llenar la cámara, mientras que se usa otra mezcla de gases como gas de generación de plasma. Tanto el gas en la cámara como el gas de generación de plasma se seleccionan como se describió anteriormente.
- 15 En una realización, el arco de plasma se dirige en primer lugar hacia el centro del crisol y después se dirige hacia el borde del crisol. En una realización, el arco de plasma se dirige de manera alternante hacia el centro del crisol y hacia el borde del crisol.
- 20 En una realización, la temperatura del material fundido se mantiene por encima de la temperatura de fusión del material. En una realización, la temperatura del material fundido está más de 20 °C por encima de la temperatura de fusión del material. En una realización, la temperatura del material fundido está desde 20 hasta 100 °C por encima de la temperatura de fusión del material.
- 25 En una realización, el crisol rota a una velocidad de rotación de desde 500 hasta 20000 rpm.
- En una realización, dicho polvo comprende carburo de wolframio. En una realización, dicho polvo comprende una mezcla eutéctica de fases de WC y W<sub>2</sub>C.
- 30 En una realización, dicho crisol se enfriá por agua.
- En una realización, el método de preparación de polvo de carburo de wolframio incluye el suministro de material de la composición requerida a un crisol rotatorio ubicado en la cámara, la fusión del material de carga con descarga de arco de plasma entre el crisol que es un ánodo, a través del material, y el cátodo de plasmatrón con el uso de nitrógeno como gas de soporte de plasma, atomización de una aleación líquida en atmósfera gaseosa bajo la influencia de la fuerza centrífuga que forma gotas de aleación líquida y cristalización de las gotas con el enfriamiento. En una realización, el ánodo y el cátodo se cambian de modo que el crisol es el cátodo y el plasmatrón un ánodo.
- 40 La fusión de material en el dispositivo se realiza al menos parcialmente con plasma directamente en el crisol. El calentamiento directo de un material de carga duro hasta la temperatura que supera el punto de fundición requiere una potencia considerable que conduce a un aumento de los costes de conducción del procedimiento y reduce la productividad.
- 45 El calentamiento previo del material de carga original en un calentador por encima de la temperatura de 0,4\* Tfus antes de su suministro al crisol hace posible no sólo reducir la intensidad de corriente de la descarga de plasma requerida para fundir el material de carga, sino también mantener de manera segura la temperatura de la aleación líquida más alta que su punto de fusión. Como resultado, se reducen las pérdidas de calor, la aleación líquida se convierte en una composición homogénea y el polvo esférico obtenido durante la atomización se vuelve homogéneo en cuanto a su composición y estructura. Con la misma intensidad de corriente de la descarga de plasma, el calentamiento previo del material de carga proporciona una mayor productividad del procedimiento de atomización.
- 55 En una realización se usa argón, helio, nitrógeno o su mezcla como gas. En una realización, el material de carga contiene al menos un material refractario. El crisol tiene que hacerse rotar a la velocidad necesaria para la formación de gotas de gránulos esféricos de la composición de partículas requerida en la cristalización. En una realización, la velocidad de rotación del crisol es de desde 500 hasta 20000 rpm. Como resultado, se obtiene un polvo de al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruros y otras composiciones de metal refractario, en particular, polvo de mezcla eutéctica de carburo de wolframio WC-W<sub>2</sub>C.
- 60 En una realización, el dispositivo de calentamiento para el suministro del material de carga original al crisol está realizado como una bandeja con un calentador de tubo alrededor o realizado como un calentador de tubo, por ejemplo, a partir de material compuesto carbono-carbono. El ángulo de conexión del dispositivo calentado para el suministro del material de carga original al crisol es mayor que el ángulo de deslizamiento natural del material de carga. En una realización, el crisol está realizado de cobre, un inserto situado en la pared interior del crisol está hecho, por ejemplo, de material compuesto carbono-carbono.
- 65

En una realización, el material se añade a dicho crisol mediante un alimentador vibratorio. En una realización, el material se añade a dicho crisol mediante un alimentador rotatorio. Se incluyen combinaciones de un alimentador vibratorio y un alimentador rotatorio.

- 5 En una realización, el crisol vibra. En una realización de este tipo, se debe seleccionar una combinación de frecuencia vibratoria, diámetro del crisol y velocidad de rotación del crisol para minimizar la formación de rebaba.
- 10 En un segundo aspecto se proporciona un dispositivo adecuado para fabricar un polvo esférico, en donde el polvo obtenido es al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruros de metal refractario, que comprende una cámara, una tapa, un soplete de plasma móvil, un crisol enfriado cilíndrico, un dispositivo colector para el polvo fabricado, caracterizado porque el dispositivo comprende un dispositivo de calentamiento para el material que va a añadirse al crisol, estando dicho dispositivo de calentamiento adaptado para calentar el material hasta una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material.
- 15 En una realización, dicho dispositivo de calentamiento es una bandeja que comprende un calentador. En una realización, dicho dispositivo de calentamiento es un calentador tubular. En una realización, dicho dispositivo de calentamiento está realizado de un material de carbono.
- 20 En una realización, el dispositivo comprende además un mecanismo de alimentación adaptado para alimentar el material a dicho crisol mediante vibraciones. En una realización, el dispositivo comprende además un mecanismo de alimentación adaptado para alimentar el material a dicho crisol mediante rotación. También se incluyen combinaciones de vibraciones y rotación.
- 25 En una realización, el crisol está adaptado para vibrar.
- 30 En una realización, el dispositivo para la preparación de polvo de carburo de wolframio contiene una cámara cilíndrica con una cubierta en donde, a lo largo del eje de cámara, está ubicado un mecanismo de alimentación para el suministro del material de carga original, con una puerta inferior que tiene un dispositivo para descargar polvo, dispositivo de atomización, ubicado en línea con el mecanismo de alimentación dentro de la cámara y realizado como crisol conductor de corriente rotatorio enfriado, plasmatrón de arco fijado formando un ángulo al eje de rotación del crisol con la posibilidad de su alternancia.
- 35 Una realización del dispositivo representado en la figura 1 comprende una cámara (13) cilíndrica con un fondo inclinado y una cubierta. Un plasmatrón (5) y un mecanismo (10) de alimentación están montados en la cubierta en diferentes sentidos del eje. El plasmatrón (5) está conectado al elemento (4) de movimiento. El mecanismo de alimentación está conectado a la tolva (8) de almacenamiento con el material (7) de carga original fuera de la cámara que tiene un mecanismo (9) de dosificación. En la cámara, en línea con la misma, está ubicado un crisol (2) de pulverización fijado en un mecanismo (1) rotatorio. El dispositivo calentado para el suministro del material (12) de carga original al crisol (2) ubicado en la cámara (13) está conectado al mecanismo (10) de alimentación.
- 40 40 El dispositivo de calentamiento puede comprender una bandeja con un calentador (6) de tubo alrededor.
- 45 En una realización, el calentador (6) de tubo está realizado de un material compuesto carbono-carbono, y sirve en una realización como dispositivo de calentamiento para el suministro de polvo en caso de ausencia de una bandeja (11). En la parte inferior del fondo inclinado de la cámara (13) está ubicada una tolva (14) conectada a la misma para recoger polvo.
- 50 En una realización del método, el dispositivo se hace funcionar de la siguiente manera. El material (7) de carga original en forma de gravilla a partir del almacenamiento (8) se carga en el mecanismo (9) de dosificación. Se presuriza la instalación, se aspira a vacío y se llena con el gas requerido hasta la presión atmosférica o la presión necesaria para la preparación de polvo del material refractario requerido. Con la ayuda del mecanismo (1) rotatorio se establece la velocidad requerida del crisol (2). Entre el crisol que es un ánodo y el cátodo (5) de plasmatrón se inicia el arco de plasma. El punto de ánodo del arco se concentra en el fondo del crisol (2). Se activa el suministro del polvo. La gravilla del mecanismo (9) de dosificación a través del mecanismo (10) de alimentación pasa a la bandeja (11) calentada con la ayuda del calentador (6) de tubo realizado, por ejemplo, de material de carbono-carbono, hasta 3000 °C. Al pasar por la bandeja, las partículas de gravilla se calienta por encima de 0,4\*T<sub>fus</sub> y se vierten al crisol (2) rotatorio en donde se funden bajo la influencia del arco de plasma. T<sub>fus</sub> designa la temperatura de fusión. La aleación líquida bajo la influencia de la fuerza centrífuga se fuerza a la cara lateral del crisol (2) cubierta con una inserción (16) de aislamiento térmico. A medida que se suministran nuevas porciones de gravilla, aumenta la cantidad de aleación líquida y asciende a lo largo de la cara lateral. El punto de ánodo del arco de plasma asciende después de la aleación líquida con el elemento (4) de movimiento de plasmatrón y se concentra en el borde del crisol (2). Al alcanzar el borde del crisol (2) la aleación líquida se extrae sobre el borde del crisol por la fuerza centrífuga y cae a través del gas de la cámara en donde se solidifica durante la caída y cae sobre el fondo de la
- 55
- 60
- 65

cámara en forma de pequeñas esferas. El polvo preparado se vierte en la tolva (14) de almacenamiento ubicada en la parte inferior de la cámara.

- 5 La colocación de un material conductor en el fondo del crisol protege el crisol frente al quemado. La colocación de inserciones de aislamiento térmico de material inactivo para fundirse en lados de cara del crisol no sólo reduce considerablemente las cargas electrotérmicas en el crisol, sino que también reduce considerablemente las pérdidas de calor totales del procedimiento de fusión del material. Como resultado, se prolonga la vida útil del crisol y se reducen los costes de energía del procedimiento.
- 10 La colocación del plasmatrón y la tolva de almacenamiento con un mecanismo de dosificación en diferentes sentidos del eje de la cámara cilíndrica hace posible mover de manera rápida y precisa el punto del ánodo a lo largo de la cara lateral del crisol después de la aleación líquida en ascenso y eliminar la formación de aleación líquida endurecida en el borde (rebaba) del crisol, lo cual conduce a la estabilización y homogeneización de la aleación líquida y la mejora de las propiedades del polvo preparado.
- 15 La posibilidad de alternancia de la composición de atmósfera gaseosa, temperatura de dispositivo de calentamiento preliminar, intensidad de corriente de descarga de plasma, la velocidad de rotación del crisol hace posible preparar polvo de un amplio intervalo dimensional a partir de diversos materiales refractarios: metales refractarios, tales como wolframio y molibdeno; carburos de metales refractarios; mezcla de carburos de metales refractarios, por ejemplo, carburos de wolframio colados (WC-W<sub>2</sub>C); boruros, nitruros y carbonitruros, carbonitroboruros y otros compuestos de metales refractarios.
- 20 En una realización, la carga de rotura de una partícula esférica de aleación de carburo de wolframio según la invención es mayor de 20 kgf. En una realización, la carga de rotura de una partícula esférica de aleación de carburo de wolframio según la invención es de desde aproximadamente 20 hasta aproximadamente 27 kgf. En una realización alternativa, la carga de rotura de una partícula esférica de aleación de carburo de wolframio según la invención es de desde 20,8 hasta 27,2 kgf. Se repiten las mediciones de la carga de rotura 20-30 veces y se calcula un valor promedio.
- 25 30 La dureza de la aleación de carburo de wolframio esférica es la más alta de todas las obtenidas para carburos de metales y sólo la supera la dureza de un diamante y el carburo de boro.

#### Característica comparativa de algunos materiales duros

Material	Microdureza, kgf/mm <sup>2</sup>
Carburo de wolframio	1780 - 2000
Carburo de titanio	2800 - 3000
Aleación de carburo de wolframio triturada	1800 - 2200
Aleación de carburo de wolframio esférica, presente producto	3600 - 4800

- 35 40 45 Otras características y usos de la invención y sus ventajas asociadas resultarán evidentes para un experto en la técnica al leer la descripción y los ejemplos.
- Debe entenderse que esta invención no se limita a las realizaciones particulares mostradas en el presente documento. Los siguientes ejemplos se proporcionan con fines ilustrativos y no se pretende que limiten el alcance de la invención, ya que el alcance de la presente invención sólo está limitado por las reivindicaciones adjuntas.

#### Ejemplos

- 45 Ejemplo 1.
- Se llevó a cabo la atomización de wolframio con un punto de fusión de 3380 °C en una instalación para atomización centrífuga equipada con los mecanismos de la invención sugerida y sin ellos. Se llevó a cabo la atomización en una atmósfera de nitrógeno puro. Se usó el crisol con las inserciones sugeridas en la invención y sin ellas. El diámetro de un borde abierto del crisol era de 60 mm. La velocidad de rotación del crisol era de 5000 rpm. Se hizo alternar la corriente del arco de plasma dentro de los límites de desde 800 hasta 1500 A, la tensión en el arco era de 70-85 V. Se llevó a cabo un calentamiento preliminar de la gravilla por medio de contacto de la gravilla original en movimiento con la superficie mínima de wolframio con un espacio de tubo alrededor. El calentador está realizado de material compuesto carbono-carbono y se calentó hasta 2500 °C con corriente de paso a partir de una fuente de potencia eléctrica autónoma. La temperatura de salida de la gravilla a partir del calentador era de 1850-1950 °C. Los resultados de la atomización se facilitan en la tabla 1. La atomización del wolframio con el método sugerido en el dispositivo sugerido proporciona un aumento de la productividad del procedimiento, la estabilización de las propiedades del polvo esférico obtenido y una reducción considerable de la corriente y las cargas térmicas en el crisol, lo cual prolonga su vida útil.

Tabla 1.

Características	Dimensiones	Según la invención			Método conocido		
Corriente de arco de plasma	A	800	1100	1500	800	1100	1500
Productividad	kg/hora	20	24	28	5	8	16
Diámetro promedio de partículas de polvo	mm	200			260		200
Características del polvo		Partículas casi completamente esféricas. Partículas homogéneas sin microgrietas			Presencia de partículas de gravilla original y fragmentos fundidos de forma irregular	Esferas	

Ejemplo 2.

5 Se atomizaron carburos de wolframio colados (mezcla eutéctica de carburos de wolframio WC-W<sub>2</sub>C) en la instalación de atomización centrífuga a la velocidad de rotación del crisol de 2850 rpm. Para la atomización, se usó una gravilla de carburo de wolframio colado triturado con un tamaño de partícula de menos de 1 mm. El contenido de carbono en la gravilla original era del 4,0 % de su masa, microdureza promedio de carburo de wolframio colado triturado Hv - 1800 HV. Se hizo alternar la corriente del arco de plasma dentro de los límites de desde 800 hasta 1500 A, la tensión en el arco era de 70-85 V. Se llevó a cabo un calentamiento preliminar de la gravilla de carburo de wolframio colado por medio de contacto de la gravilla original en movimiento con la superficie interior del calentador de tubo. El calentador está realizado de material compuesto carbono-carbono y se calentó hasta 2200 °C con corriente de paso a partir de una fuente de potencia eléctrica autónoma. La temperatura de salida de la gravilla a partir del calentador era de 1850-1900 °C. Se llevó a cabo la atomización en atmósfera de nitrógeno puro con un diámetro de borde abierto de 62 mm. También se llevó a cabo la atomización comparativa de gravilla de carburo de wolframio colado mediante el método conocido. Los resultados de atomización se facilitan en la tabla 2.

20 Tabla 2.

Características	Dimensiones	Presente invención			Método conocido		
Corriente del arco de plasma	A	800	1100	1500	800	1100	1500
Productividad	kg/hora	22	27	32	7	12	18
Diámetro promedio de partículas de polvo	µm	300			360		300
Características del polvo		Partículas casi completamente esféricas, partículas homogéneas sin microgrietas			Presencia de partículas de gravilla original y fragmentos fundidos de forma irregular	Esferas	
Microdureza	Kgf/mm <sup>2</sup>	3600 – 4200			3400 – 3550		

25 La atomización del carburo de wolframio colado con el método sugerido en el dispositivo sugerido proporciona un aumento de la productividad del procedimiento, la estabilización de las propiedades del polvo esférico obtenido y una reducción considerable de la corriente y las cargas térmicas en el crisol, lo cual prolonga su vida útil. La microdureza del polvo de carburo de wolframio colado preparado mediante el método declarado está dentro del intervalo de 3600-4200 HV, lo cual es 1,2-1,3 veces mayor que los valores de microdureza del polvo de carburo de wolframio colado preparado mediante el método conocido.

30 Ejemplo 3 (comparativo)

35 El polvo resultante tenía un tamaño de partícula que oscilaba entre 50 micrómetros y 800 micrómetros. La microdureza del polvo de carburo de wolframio colado producido mediante el método estaba en el intervalo de 3400-3550 kgf/mm<sup>2</sup>. Es decir, 1,25-1,27 veces el valor de la microdureza del polvo de carburo de wolframio producido en una atmósfera de argón. El aumento de la microdureza aumenta significativamente la resistencia del material a la abrasión.

40 La densidad aparente del polvo obtenido estaba en el intervalo de 8,5-10,0 g/cm<sup>3</sup>, lo cual indica indirectamente su porosidad interna y desviaciones con respecto a esferas perfectas.

45 El uso de corrientes eléctricas de alta intensidad aumenta ligeramente la dureza y las características de resistencia del producto. Pero los electrodos se dañan fácilmente y requieren una sustitución frecuente debido al impacto de alta corriente. Además, cuando se usan altas corrientes, se produce un desgaste rápido del borde del crisol. Esto conduce a la

desestabilización del procedimiento de atomización, la formación de “rebaba” y requiere una sustitución frecuente del crisol. El tiempo de inactividad relacionado conduce a un mal rendimiento de la unidad de producción y a un aumento de los costes.

5 Ejemplo 4.

Se produjo polvo con forma esférica con atomización centrífuga en una atmósfera de helio. Como mezcla de gas de plasma, se usó helio y nitrógeno en una razón de 1:1. La materia prima de entrada tenía un contenido de carbono (C) del 3,90-3,92 % en peso. Se calentó la materia prima hasta 1050-2000 °C antes de introducirse en el crisol rotatorio. Se realizó la atomización a la misma velocidad de rotación que en el ejemplo 3. Se realizó la atomización al valor máximo del arco de plasma de corriente eléctrica, es decir, no más de 1200 A.

10 Las partículas de polvo resultantes tenían forma esférica prácticamente sin porosidad interna. Se hizo ascender el punto de arco de ánodo después de la masa fundida y se concentró en el borde interior del crisol, lo que proporcionó una ausencia completa de formación incontrolada de carburo sólido (“rebaba”) en el borde del crisol. La densidad aparente del polvo era de 9,80-11,5 g/cm<sup>3</sup>, lo que confirma la reducción sustancial en el nivel de porosidad y el contenido de impurezas en el material resultante en comparación con el material del ejemplo 3.

15 La microdureza del polvo de carburo de wolframio producido mediante el método reivindicado en una atmósfera de helio usando gas de plasma de helio-nitrógeno dio como resultado el intervalo de 3600-4800 kgf/mm<sup>2</sup>. Es decir, 1,20-1,27 veces la microdureza del polvo de carburo de wolframio producido en una atmósfera de nitrógeno. El aumento de la microdureza aumenta significativamente la resistencia del material a la abrasión y es un parámetro determinante en la elección de polvo como carga para recubrimientos resistentes al desgaste.

20 25 Reducir la descarga de plasma de corriente ha simplificado significativamente el diseño de la construcción de electrodos actuales, aumenta significativamente la vida útil de los electrodos y, por lo tanto, reduce significativamente los costes de funcionamiento.

Ejemplo 5

30 Se realizó la atomización de puntas (granos) trituradas de materia prima que contenía el 3,8-3,9 % en peso de carbono fijo, el 0,09-0,10 % en peso de carbono libre y el 1,1-1,2 % en peso de otras impurezas (cromo, vanadio, niobio, cobalto, etc.) y el 0,5, 0,3; 0,15 y 0,1 % en peso de contenido de hierro y otras impurezas. Los regímenes de atomización se mantuvieron como en el ejemplo 4. Se calentó previamente la gravilla hasta 1050-2000 °C. Como resultado del procedimiento que incluye atomización, los niveles globales de impurezas en polvo producido (incluyendo hierro) disminuyeron hasta el 0,4 – 1,1 % en peso (dependiendo de la pureza del material de partida) en comparación con el nivel inicial de impurezas en la materia prima triturada. La reducción del contenido de hierro en el polvo esférico producido en comparación con el contenido de la gravilla previamente atomizada fue del 0,05-0,40 % en peso (dependiendo del contenido de la materia prima). En este caso, el contenido de carbono libre disminuyó hasta el 0,05-0,08 % en peso y otras impurezas en el intervalo del 0,2-0,7 % en peso.

35 45 50 En condiciones en donde todas las demás circunstancias son iguales, la pureza de la materia prima (gravilla) define las propiedades del polvo fabricado y puede dar una microdureza adicionalmente aumentada al material. Dependiendo del contenido de impurezas, la microdureza del polvo esférico producido varió desde 3600 kgf/mm<sup>2</sup>, (para un contenido de hierro inferior al 0,10 % en peso, carbono libre inferior al 0,05 % en peso, otras impurezas no superiores al 1,0 % en peso) hasta 4800 kgf/mm<sup>2</sup> (para un contenido de hierro inferior al 0,06 % en peso, carbono libre inferior al 0,02 % en peso) y el contenido de otras impurezas inferiores al 0,50 % en peso. En este caso, la densidad aparente osciló entre 9,80 y 11,5 g/cm<sup>3</sup>. En una realización, un valor crítico, que determina las características del material es que el contenido de hierro es inferior al 0,1 % en peso. En esta realización, la densidad aparente del polvo, con un contenido de hierro superior al 0,1 % en peso, es de 0,3 a 0,1 unidades (g/cm<sup>3</sup>) menor que la densidad aparente de polvo con un contenido inferior al 0,1 % en peso.

55 El conjunto reivindicado de características esenciales proporciona carburo de wolframio fundido, una partícula esférica con una alta microdureza, alta resistencia a fuerzas de trituración y alta densidad aparente del polvo. Las propiedades anteriores del polvo producido contribuyen a una resistencia alta a la abrasión y al desgaste por impactos.

Ejemplo 6.

60 65 Atomización mediante el uso de puntas (granos) de carbaboruro de wolframio. Esto es una mezcla de carburo y boruro de wolframio. Es decir, comprende W<sub>2</sub>C, WC y W<sub>2</sub>B<sub>5</sub>. El 50 % de W<sub>2</sub>C + WC, y el 50 % de W<sub>2</sub>B<sub>5</sub>. La velocidad de rotación del crisol era de aproximadamente 5000 rpm. Se calentó previamente la gravilla hasta 1800 °C. La corriente del arco era de 1000 A. Se realizó la atomización en un dispositivo según la descripción. Se usó helio para llenar el dispositivo y se usó una mezcla del 50 % de argón + el 50 % de helio como gas de generación de plasma. Se dirigió el plasma hacia el interior del crisol y hacia el borde del crisol para minimizar la formación de rebaba.

Al realizar atomización con la tecnología convencional, se produjo la formación de más del 30 % de partículas de forma irregular y la formación de “rebaba” en el borde del crisol. La implementación del método propuesto permitió obtener carbaboruro de wolframio esférico con un rendimiento de ~85 % y un nivel un 20-30 % de microdureza del carbaboruro esférico en comparación con el obtenido mediante la tecnología de atomización anterior.

5

En la siguiente tabla se resumen varios ensayos. El tamaño de las partículas es de 20-1200  $\mu\text{m}$ .

Velocidad de rotación (rpm)	Corriente (A)	Microdureza ( $\text{kgf/mm}^2$ )		Fuerza de trituración (Kgf)		Observaciones
		Argón	Nitrógeno	Argón	Nitrógeno	
400	700	2700	3400	14,0	19,2	Las partículas eran porosas y hasta el 25 % no eran esféricas
500	700	2700	3400	14,1	19,4	
1000	700	2700	3450	14,1	20,2	
5000	700	2750	3500	14,2	21,6	
15000	700	2750	3500	14,2	21,0	
20000	700	2750	3550	14,3	21,4	
400	1200	2700	3400	14,6	20,3	Las partículas eran porosas y hasta el 18 % no eran esféricas
500	1200	2700	3400	14,7	20,4	
1000	1200	2740	3450	14,7	20,7	
5000	1200	2750	3500	14,8	20,8	
15000	1200	2760	3500	14,8	21,0	
20000	1200	2770	3550	14,8	21,5	
400	2400	2730	3450	15,0	21,3	Las partículas eran porosas y hasta el 15 % no eran esféricas
500	2400	2740	3470	15,1	21,4	
1000	2400	2750	3480	15,1	22,0	
5000	2400	2760	3530	15,2	22,8	
15000	2400	2770	3540	15,2	23,0	
20000	2400	2790	3550	15,3	23,5	

10

La porosidad se determinó mediante pesada hidrostática.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la fabricación de un polvo esférico, comprendiendo dicho método las etapas de:
  - 5 a)proporcionar una cámara que comprende un crisol rotatorio,
  - b)añadir material a dicho crisol rotatorio,
  - c)fundir el material, en donde el calentamiento se lleva a cabo al menos parcialmente usando una descarga de arco de plasma,
  - d)hacer rotar el crisol para atomizar el material fundido bajo fuerza centrífuga para formar gotitas líquidas, con enfriamiento posterior de las gotitas para obtener un polvo, **caracterizado porque** el material añadido en dicho crisol rotatorio se calienta hasta una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material antes de entrar en el crisol, en donde el polvo obtenido es al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruros de metal refractario.
- 15 2. El método según la reivindicación 1, en donde un gas que comprende al menos un gas seleccionado del grupo que consiste en argón, helio y nitrógeno se usa en dicha cámara.
- 20 3. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde el arco de plasma se dirige de manera alternante a) hacia el centro del crisol y b) hacia el borde del crisol.
4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la temperatura del material en el crisol se mantiene por encima de su temperatura de fusión.
- 25 5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el crisol vibra.
6. Un dispositivo adecuado para fabricar un polvo esférico, en donde el polvo obtenido es al menos un metal refractario o aleaciones de metal refractario o al menos un carburo, boruro o carbonitruros de metal refractario, que comprende una cámara, una tapa, un soplete de plasma móvil, un crisol enfriado cilíndrico, un dispositivo colector para el polvo fabricado, **caracterizado porque** el dispositivo comprende un dispositivo de calentamiento para el material que va a añadirse al crisol, estando dicho dispositivo de calentamiento adaptado para calentar el material hasta una temperatura de desde el 40 % hasta el 80 % de la temperatura de fusión del material.
- 30 7. El dispositivo según la reivindicación 6, en donde dicho dispositivo de calentamiento es una bandeja que comprende un calentador.
8. El dispositivo según la reivindicación 6, en donde dicho dispositivo de calentamiento es un calentador tubular.
- 40 9. El dispositivo según la reivindicación 6, en donde dicho dispositivo de calentamiento está hecho de un material de carbono.
10. El dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 6-9, en donde dicho crisol está adaptado para vibrar.

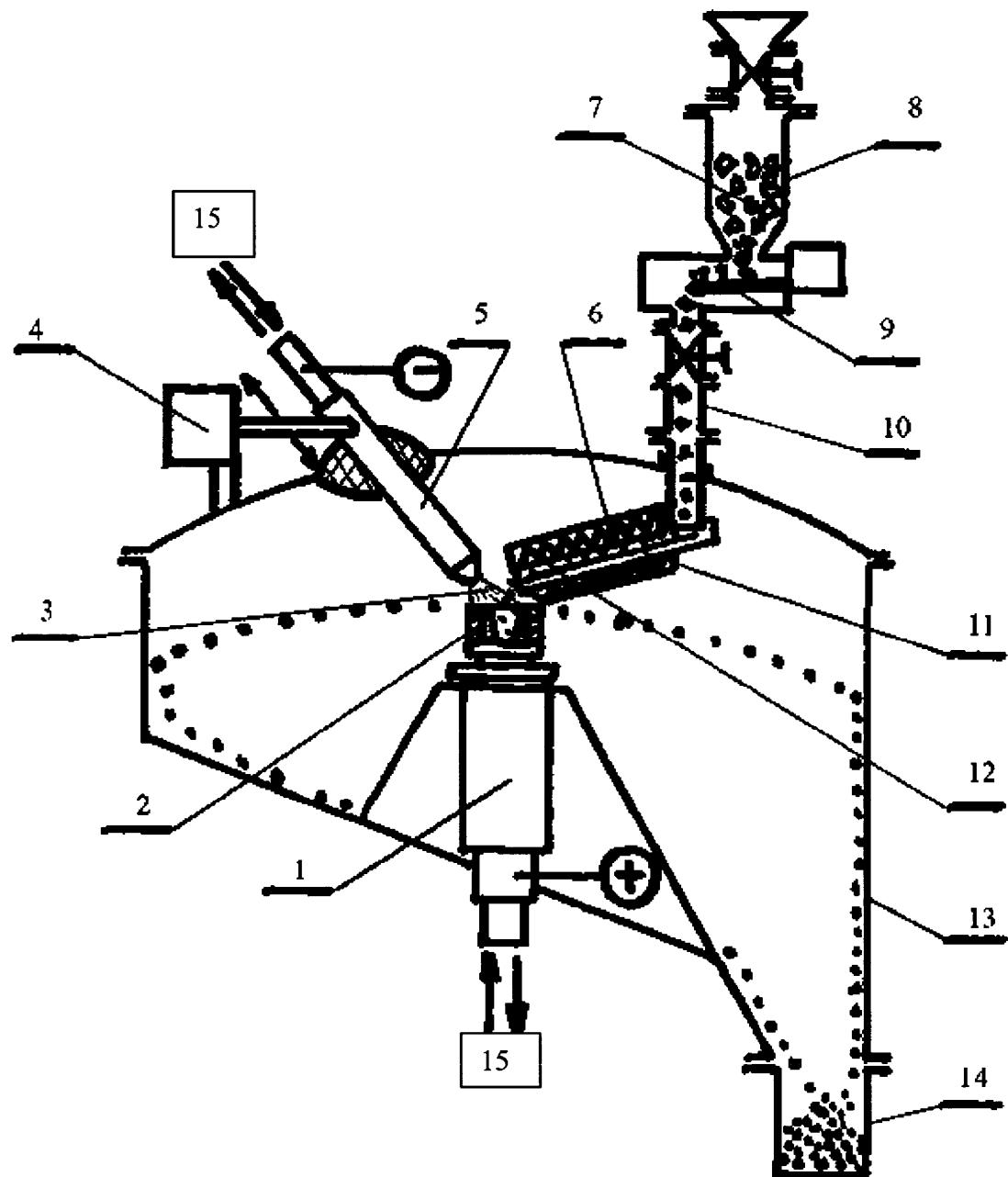


Fig. 1

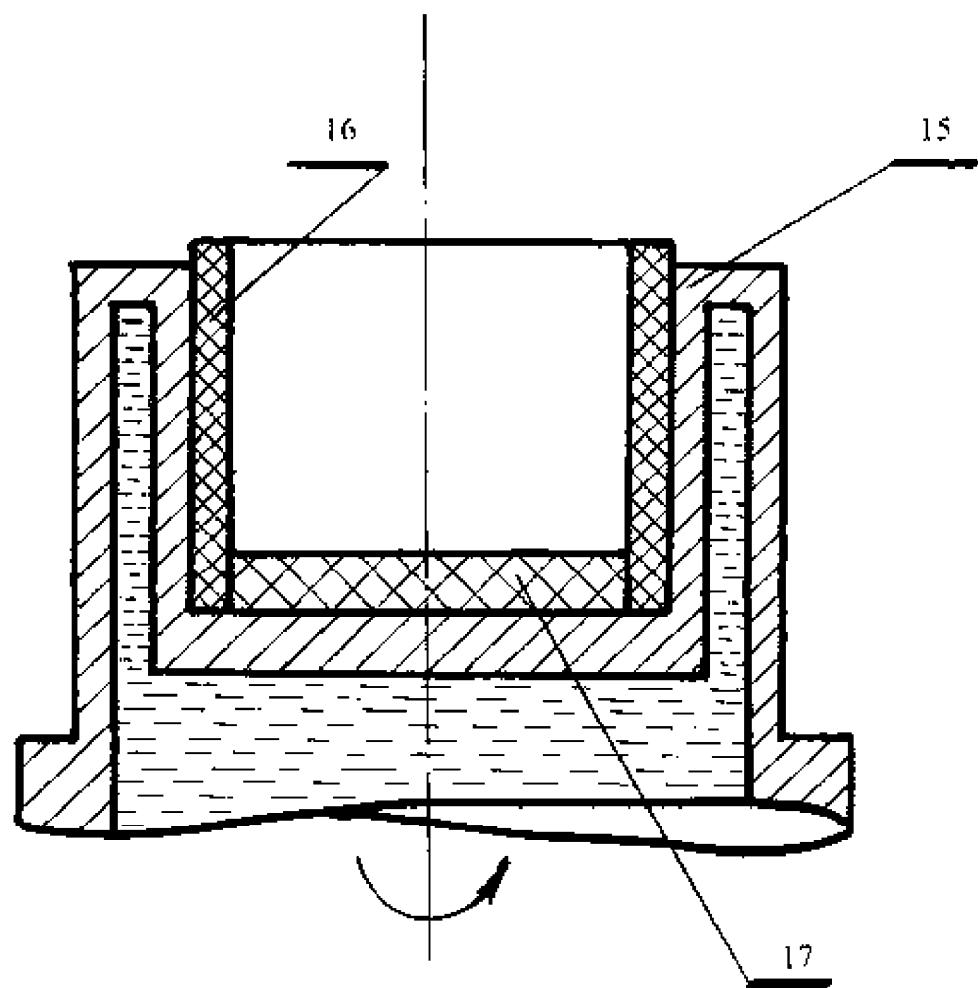


Fig 2