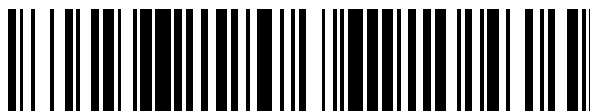


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 758**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105 (2006.01)

B22F 3/11 (2006.01)

B22F 3/26 (2006.01)

B22F 5/10 (2006.01)

C22C 27/04 (2006.01)

B23K 103/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2014** **PCT/AT2014/000105**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014** **WO14179822**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2014** **E 14733961 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020** **EP 2994257**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un cuerpo moldeado y cuerpo moldeado que se obtiene con él**

30 Prioridad:

07.05.2013 AT 1662013 U

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

22.10.2020

73 Titular/es:

PLANSEE SE (100.0%)
6600 Reutte, AT

72 Inventor/es:

KESTLER, HEINRICH y
TABERNIG, BERNHARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 788 758 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

Procedimiento de fabricación de un cuerpo moldeado y cuerpo moldeado que se obtiene con él

La invención concierne a un procedimiento de fabricación de un cuerpo moldeado de un material compuesto de penetración y a un cuerpo moldeado que se obtiene con él.

5 Los materiales compuestos de matriz de metal (en inglés metal matrix composite, MMC) son materiales compuestos que consisten en una matriz coherente de metal o una aleación en la que está incorporado un componente secundario cerámico, orgánico o metálico. Si el componente secundario forma una estructura predominantemente coherente, se habla entonces de un material compuesto de penetración. Tales materiales compuestos de penetración son el tema de la presente invención. Una aplicación para tales materiales se encuentra, por ejemplo,
10 en tareas de gestión térmica dentro el campo de la electrónica, en donde se necesitan materiales de disipación del calor que se caractericen por una alta conductividad calorífica y cuyas propiedades de dilatación térmica estén adaptadas al componente generador de calor. A este fin, se utilizan materiales compuestos de matriz de metal a base de wolframio-cobre o molibdeno-cobre, reuniéndose en un material la pequeña dilatación térmica del wolframio o el molibdeno con la buena conductividad calorífica del cobre. La dilatación térmica del material puede ajustarse por medio de la proporción en volumen de los dos componentes.

Otro campo de aplicación para materiales compuestos metálicos de matriz de metal son materiales que se emplean para fines de contactado en interruptores de alta tensión. Estos materiales de contacto tienen que presentar, por un lado, una pequeña tendencia a la soldadura para lograr un funcionamiento seguro de contactos de conmutación de alta tensión y, por otro lado, por motivos de procesamiento, deben ser al mismo tiempo aptos para soldarse bien por vía autógena o por aporte de material. Para esta aplicación se utiliza también un material compuesto a base de wolframio y cobre. Es este ejemplo de aplicación son la dureza, la resistencia al desgaste y la resistencia a la combustión del wolframio las que se vinculan con la buena conductividad eléctrica y térmica del cobre.

Un importante objetivo y desafío en la fabricación de materiales es la optimización local del material. Una primera etapa en dirección a materiales localmente optimizados está representado por los llamados materiales funcionalmente graduados (FGM), que son materiales compuestos en los que se varían gradualmente las propiedades en al menos una dirección de una manera aproximadamente constante. El material puede presentar entonces un gradiente en la composición química de una fase, un gradiente en la proporción en volumen de una fase o, en material pulvimetalúrgicamente fabricado, un gradiente en la porosidad o el tamaño de poros de una fase.

En el estado de la técnica se conocen sustancialmente dos clases de procedimientos de fabricación para materiales compuestos graduados o localmente optimizados, a saber, procedimientos de una sola etapa como procedimientos de revestimiento o sinterización directa de mezclas de polvos de diferente composición y/o morfología, y procedimientos de dos etapas en los que se fabrica en un primer etapa un cuerpo moldeado poroso que se infiltra en un segundo etapa con un componente de más bajo punto de fusión. El componente moldeado poroso puede producirse directamente, por ejemplo por medio de procedimientos pulvimetalúrgicos clásicos o métodos de deposición química o física, o bien indirectamente, por ejemplo por medio de sinterización con ayuda de aditivos y desaglutinación subsiguiente. La estructura graduada puede generarse entonces variando el tamaño del polvo empleado.

Estos procedimientos conocidos por el estado de la técnica tienen el común el hecho de que el cuerpo moldeado se construye de manera estratificada y solamente es posible una graduación controlada de las propiedades del material en la dirección de la construcción del material. Además, no puede limitarse localmente una graduación a un volumen definido del material. Los procedimientos conocidos son inexactos y no resultan adecuados para optimizaciones locales del material a una escala de tamaños en el rango de mm. No es posible tampoco producir cuerpos moldeados próximos al contorno final.

Una posibilidad de solución para fabricar un cuerpo moldeados de material compuesto próximo al contorno final se propone en el documento US20040081573. Este documento US20040081573 describe un procedimiento de fabricación de un material compuesto de matriz de metal en el que se fabrica en una primera etapa por sinterización selectiva con láser (SLS) un cuerpo moldeado poroso que se infiltra en una etapa subsiguiente con un componente de más bajo punto de fusión. El cuerpo moldeado fabricado por sinterización selectiva con láser se caracteriza ciertamente por una geometría próxima al contorno final y una alta resistencia en verde, pero el procedimiento es muy costoso debido a la necesidad de aditivos orgánicos e inorgánicos y de una etapa de desaglutinación adicional. No se optimiza en el documento US20040081573 la producción de un material graduado o un material localmente optimizado. Una fabricación directa de un cuerpo moldeado poroso por medio de sinterización selectiva con láser, sin la etapa de desaglutinación térmica, es poco adecuada para una producción en grandes series debido a la larga duración del proceso necesaria para la consolidación de la estructura (es decir, la formación de cuellos de sinterización).

Por la bibliografía actual se conoce también el recurso de emplear una fusión selectiva con láser (SLM), en la que se calienta a la temperatura de fusión y se funde el polvo por medio de un haz de láser, para la producción de estructuras porosas de geometría compleja (Stoffregen et al, "Selective Laser Melting of Porous Structures", Solid

Freeform Fabrication Symposium, Austin, Texas, (2011), p. 680), para la producción de un gradiente de porosidad en acero fino (Li, Ruidi et al, "316L Stainless Steel with Gradient Porosity Fabricated by Selective Laser Melting", Journal of Materials Engineering and Performance, Vol 19(5), (2010), p. 666) y para la producción de un cuerpo moldeado poroso (Jeppe Byskov et al, "Additive Manufacturing of Porous Metal Components", Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference, Berlín (2012)). El empleo de SLM para la fabricación de materiales compuestos de penetración metálicos no ha sido tematizado por ninguno de estos autores.

El documento EP 2 484 465 A1 concierne a un procedimiento de tratamiento de piezas de trabajo que presentan una indeseable porosidad superficial, pudiendo venir condicionada esta porosidad especialmente por la fabricación de la pieza de trabajo por medio de fusión con haz de electrones. Para eliminar esta indeseable porosidad superficial se infiltra según el procedimiento del documento EP 2 484 465 A1 una aleación metálica líquida en la porosidad superficial y a continuación se consolida ésta isotérmicamente. Se conoce por el documento JP 2001/152204 A un polvo basado en hierro que es adecuado para la consolidación selectiva por medio de un haz de luz. Después de la construcción del cuerpo moldeado por consolidación selectiva de este polvo se puede infiltrar el cuerpo moldeado, especialmente para optimizar sus propiedades superficiales, con un segundo metal de más bajo punto de fusión.

El problema de la invención radica en proporcionar un procedimiento de fabricación para un cuerpo moldeado metálico, cuyo proceso técnico sea sencillo de manejar y en el que se puedan optimizar localmente determinadas propiedades del material de conformidad con las necesidades, pudiendo especialmente fabricarse estructuras graduadas. Además, el procedimiento según la invención deberá posibilitar la fabricación de un cuerpo moldeado complejo próximo al contorno final y también deberá ser adecuado para el procesamiento de materiales metálicos de más alto punto de fusión.

Este problema se resuelve con un procedimiento dotado de las características de la reivindicación 1. Un cuerpo moldeado de un material compuesto de penetración con propiedades localmente adaptables del material o con estructuras graduadas es objeto de reivindicaciones secundarias.

La idea básica del procedimiento según la invención reside en emplear un procedimiento de fusión selectiva con haz, como, por ejemplo, una fusión selectiva con haz de láser (SLM) o una fusión selectiva con haz de electrones (EBM), para fabricar de manera estratificada un cuerpo moldeado de esqueleto metálico que presente al menos zonalmente una estructura de esqueleto de poros abiertos, e infiltrar a continuación este cuerpo moldeado de esqueleto con un componente metálico de más bajo punto de fusión. El cuerpo moldeado de esqueleto al menos zonalmente poroso se construye entonces capa a capa a partir de un polvo o una mezcla de polvos con un componente primario (al menos 50 por ciento en peso) de molibdeno o wolframio (primer componente). A este fin, el polvo o la mezcla de polvos se aplica en una capa sin adición de aglutinantes o fundentes orgánicos, por medio de un haz guiado sobre la capa de polvo, que integra energía local en la capa de polvo, por ejemplo un haz de láser o de electrones, se funde selectivamente dicha capa, al menos en parte, en sitios predeterminados y se la consolida al solidificarse. La porosidad y el contorno final de la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado se ajustan mediante un guiado correspondiente del haz de láser o de electrones. El cuerpo moldeado de esqueleto al menos zonalmente poroso así fabricado se infiltra a continuación con una masa fundida de cobre o una aleación de cobre (segundo componente) que presenta un punto de fusión más bajo en comparación con el del primer metal o la primera aleación. Como quiera que se varían la porosidad o el tamaño de poros de la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado y, por tanto, la proporción del infiltrante en función del volumen de cuerpo moldeado, se puede fabricar un cuerpo moldeado con propiedades localmente optimizadas, por ejemplo estructuras graduadas en cualquier dirección, no solo en la dirección de la construcción estratificada.

En un ejemplo de realización preferido se puede agregar al polvo o la mezcla de polvos un aditivo metálico adecuado que rebaje la tensión superficial límite entre la estructura de esqueleto y la masa fundida infiltrada. Este aditivo mejora la humectabilidad del cuerpo moldeado de esqueleto con la masa fundida infiltrada y permite así que se fabrique un material compuesto de penetración más denso. Por ejemplo, en un material compuesto de penetración a base de wolframio-cobre o de molibdeno-cobre se puede agregar níquel al polvo de wolframio o molibdeno empleado para formar la estructura de esqueleto. La adición de níquel mejora la humectabilidad de la masa fundida de cobre con la estructura de esqueleto de wolframio o molibdeno. En otro ejemplo de realización, para aumentar la proporción en volumen del segundo componente en el material compuesto, el polvo o la mezcla de polvos con los que se forma la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado puede presentar también proporciones del segundo metal o la segunda aleación con los que se infiltra el cuerpo moldeado. En el ejemplo de realización del material compuesto de penetración a base de wolframio-cobre el polvo de partida para formar la estructura de esqueleto, además de wolframio, puede presentar también proporciones de cobre. La proporción del segundo componente en el polvo o la mezcla de polvos para la estructura de esqueleto debe adaptarse entonces a la proporción en volumen deseada de este componente en el material compuesto. No obstante, deberá cuidarse de que se forme por el componente de más alto punto de fusión una red cristalina suficientemente coherente que siga siendo estable cuando el cuerpo moldeado se infiltre a continuación con la masa fundida y se funda o se reblandezca entonces una parte de la estructura de esqueleto. Debido a este requisito, la proporción del segundo metal o la segunda aleación en el polvo de partida para la estructura de esqueleto es generalmente no superior a 30 por ciento en volumen.

Según la invención, no es necesario agregar aglutinantes orgánicos o fundentes orgánicos al polvo o la mezcla de polvos.

Para formar la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado se aplica el polvo a procesar en una delgada capa sobre una placa de base verticalmente móvil. Se barre la capa de polvo en dirección horizontal por medio de un haz de láser enfocado, un haz de electrones enfocado u otra fuente de calor enfocable adecuada y se la calienta localmente en aquellos sitios en los que se deberá consolidar el polvo. La energía que se aporta por el haz de láser o de electrones en posiciones seleccionadas es absorbida por el polvo y se elige de tal manera que se produzca una fusión localmente limitada de partículas de polvo, pudiendo fundirse algunas partículas de polvo de forma completa o tan solo parcialmente. Es suficiente que las partículas de polvo solo se fundan en los sitios de contacto. Al solidificarse, las partículas fundidas en su totalidad o bien fundidas parcialmente en los sitios de contacto forman una estructura de esqueleto consolidada coherente con una estructura de poros predominantemente abiertos.

La porosidad y el contorno final del cuerpo moldeado de esqueleto se ajustan mediante un guiado correspondiente del haz de láser o de electrones. El haz de láser o de electrones puede conducirse sobre la capa de polvo con ayuda de ópticas adecuadas conocidas por el estado de la técnica. Los datos para el guiado del haz de láser o de electrones, la velocidad de barrido, el patrón de exposición y la intensidad de radiación se adquieren de antemano vía software a partir del contorno deseado en 3 dimensiones y de la distribución deseada de porosidad o tamaño de poros de la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado.

Si el polvo consiste en una aleación o en una mezcla de varios constituyentes que presentan un punto de fusión diferente, se funde primero el constituyente con el más bajo punto de fusión y los constituyentes de más alto punto de fusión solo se funden con cierto retardo o eventualmente no se funden en absoluto en caso de que no se alcance la temperatura de fusión por la integración del calor. Por tanto, es ventajoso que las temperaturas de fusión de los distintos constituyentes no se diferencien demasiado. Para formar una estructura de esqueleto consolidada no es necesario que se fundan todos los constituyentes del polvo, sino que basta con que el constituyente de más bajo punto de fusión se funda al menos en parte y éste forme al solidificarse una estructura de esqueleto coherente en la que estén incrustadas eventualmente partículas de polvo de más alto punto de fusión.

El cuerpo moldeado de esqueleto poroso con un contorno final deseado y una porosidad predeterminada se construye de manera estratificada. Después de la terminación de una capa se baja la placa de base en una cuantía igual a un espesor de capa y se aplica de nuevo una capa de polvo que se consolida en los sitios deseados. Este ciclo se repite hasta que esté terminado el cuerpo moldeado de esqueleto con la estructura de esqueleto deseada.

Este proceso para la fabricación del cuerpo moldeado de esqueleto poroso puede realizarse en una atmósfera adecuada, por ejemplo en vacío o una atmósfera de gas inerte, tal como en una atmósfera de argón y/o de helio.

Después de la fabricación estratificada del cuerpo moldeado de esqueleto poroso se efectúa la infiltración con una masa fundida de cobre o una aleación de cobre que presente un punto de fusión más bajo que el del constituyente principal del cuerpo moldeado de esqueleto. La infiltración puede realizarse, por ejemplo, por embebido del cuerpo moldeado de esqueleto en una masa fundida o por medio de infiltración a presión de gas. Para un cuerpo sólido denso y, por tanto, para un material bien penetrable por el infiltrante, la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado deberá ser predominantemente de poros abiertos y la masa fundida deberá humectar bien el cuerpo moldeado de esqueleto poroso. En un ejemplo de realización la masa fundida presenta un aditivo para mejorar la humectabilidad.

El procedimiento según la invención se caracteriza por que se pueden variar de una manera muy flexible, pero bien controlable, la porosidad de la estructura de esqueleto y, por tanto, la proporción en volumen del infiltrante en las 3 direcciones del espacio y no solo, como se conoce por el estado de la técnica, en la dirección de la construcción estratificada. Además, se trata de un procedimiento extraordinariamente rentable y adecuado para la producción industrial; en contraste con los procedimientos técnicos de sinterización o de inyección mencionados en la introducción, no es necesario, para la variación deliberada de la porosidad, un costoso proceso técnico de variación de la morfología del polvo, como la forma, el tamaño o la distribución de las partículas.

Otra decisiva ventaja del procedimiento según la invención reside en que el cuerpo moldeado de esqueleto poroso obtenido por el procedimiento de fusión con haz presenta una estabilidad mecánica suficiente, por lo que apenas se presenta ninguna deformación o contracción durante la infiltración subsiguiente y, por tanto, se puede lograr una alta exactitud de medidas y de forma del cuerpo moldeado. En caso necesario, el cuerpo moldeado casi obtenido sin contracción alguna puede mecanizarse adicionalmente a continuación de la infiltración.

En una variante de realización preferida el fondo y las paredes exteriores del cuerpo moldeado de esqueleto poroso se realizan como herméticos durante su construcción, con lo que no se necesita un molde adicional para la etapa de infiltración.

Con ayuda del procedimiento se pueden fabricar cuerpos moldeados que presenten al menos en una zona parcial un gradiente en la composición química en una, dos o tres direcciones del espacio. La porosidad o el tamaño de poros de la estructura de esqueleto y, por tanto, la proporción en volumen de la masa fundida infiltrada solidificada varían de una manera sustancialmente continua o, debido al procesamiento capa a capa, de una manera escalonada en una o varias direcciones del espacio y aumentan o disminuyen gradualmente a lo largo de un

determinado intervalo. Por ejemplo, se pueden producir cuerpos moldeados con un gradiente radial en el que las propiedades del material varían en dirección radial.

La proporción en volumen de los dos componentes del material compuesto es variable dentro de amplios intervalos. El procedimiento según la invención es especialmente adecuado para fabricar cuerpos moldeados de un material compuesto en el que pueden presentarse en el cuerpo moldeado tanto zonas con una proporción muy alta, por ejemplo más de 90% de proporción en volumen de un primer componente, como zonas con una proporción en volumen muy baja del primer componente, por ejemplo entre 10% y 20% de proporción en volumen. Además, estas zonas de composición diferente pueden estar dispuestas en proximidad espacial. A este fin, en una variante de realización según la invención se ha previsto que, al formar el cuerpo moldeado de esqueleto, se practique al menos una escotadura de forma geoméricamente predeterminada dejando sin fundir partículas de polvo en la zona correspondiente y retirando las partículas de polvo sueltas después de la fabricación de la estructura de esqueleto y antes de la infiltración con la masa fundida. Para poder retirar las partículas sueltas, las escotaduras tienen que ser accesibles desde fuera, es decir que las escotaduras tienen que extenderse hasta la superficie de la estructura de esqueleto; en una forma de realización preferida la extensión mínima de una escotadura de la estructura de esqueleto en una dirección es de al menos 50 μm , especialmente al menos 100 μm y de manera especialmente preferida al menos 1 mm.

Según un ejemplo de realización, las escotaduras de la estructura de esqueleto se llenan completamente con el infiltrante durante la etapa de infiltración subsiguiente.

Como alternativa, las escotaduras del cuerpo moldeado pueden quedarse sin llenar o dejarse parcialmente sin llenar con ayuda de moldes o útiles, es decir que en este caso el propio cuerpo moldeado infiltrado presenta escotaduras abiertas. Por ejemplo, en cuerpos moldeados sometidos a fuertes cargas térmicas unas escotaduras no infiltradas en forma de taladros pueden servir para recibir un refrigerante.

Un punto fuerte del procedimiento según la invención es el de que se pueden fabricar de manera sencilla cuerpos moldeados en los que se combinan estas dos modificaciones de la estructura de esqueleto, a saber, la formación de escotaduras con una forma geoméricamente predeterminada y la variación de la porosidad en al menos una dirección del espacio.

Como quiera que en una zona espacial de la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado está prevista una pluralidad de escotaduras que ocupan una gran proporción en volumen y están llenas de masa fundida solidificada, se puede lograr en esta zona espacial una proporción en volumen efectiva del componente de material infiltrado que sea más alta que la que era posible hasta ahora con los procedimientos conocidos por el estado de la técnica. En el procedimiento conocido hasta ahora la proporción en volumen del componente infiltrado estaba limitada hacia arriba con aproximadamente un 50%. Según la invención, en una zona espacial de la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado puede estar prevista, por ejemplo, una pluralidad de poros alargados, especialmente cilíndricos, que están dispuestos formando una trama. Puede estar prevista una pluralidad de escotaduras paralelepípedicas alargadas dispuestas a la manera de un apilamiento para formar zonalmente estructuras a manera de laminados en la estructura de esqueleto del cuerpo moldeado. Las escotaduras pueden estar configuradas con una forma cónica y estrecharse en una dirección para hacer posible una transición más continua entre los dos componentes del material.

Como se ha descrito anteriormente, la proporción en volumen del componente de material infiltrado puede aumentarse adicionalmente empleando también el material del infiltrante para la construcción de cuerpo moldeado de esqueleto.

La invención concierne también a un cuerpo moldeado de un material compuesto de penetración que se fabrica con etapas de procedimiento anteriores o una combinación adecuada de etapas de procedimiento anteriores.

Este cuerpo moldeado se diferencia de los cuerpos moldeados conocidos por el estado de la técnica, entre otras cosas, por que al menos en una zona parcial se varía la porosidad de la estructura de esqueleto en al menos dos direcciones del espacio. La estructura de esqueleto forma aquí una red cristalina espacial coherente.

En lo que sigue se explicarán con más detalle tres ejemplos de realización concretos para cuerpos moldeados ayudándose de los dibujos figura 1 a figura 5 (ejemplo de realización 1: figura 1 a figura 3, ejemplo de realización 2: figura 4, y ejemplo de realización 3: figura 5).

En los tres ejemplos de realización el cuerpo moldeado (10, 20 y 30) tiene una forma exterior aproximadamente paralelepípedica, habiéndose realizado, en vista en planta, una pequeña cavidad en la zona interior. El cuerpo moldeado consiste en un material compuesto de penetración constituido por dos componentes, en el que la proporción en volumen del primer componente, que forma una estructura de esqueleto coherente, aumenta en escalones discretos desde una zona central en dirección radial hacia fuera, mientras que la proporción en volumen del segundo componente disminuye de manera correspondiente. Por tanto, se forman zonas parciales individuales (1, 2, 3, 4) dispuestas a la manera de cáscaras de cebolla con aproximadamente la misma composición química, variándose de dentro a fuera la proporción en volumen de los componentes. Para simplificar la representación se ha realizado en los ejemplos de realización mostrados un escalonamiento muy basto en cuatro zonas parciales 1, 2, 3 y

4; con un guiado correspondiente del haz de láser o de electrones se pueden materializar transiciones más finas hasta alcanzar una auténtica graduación.

Ejemplo de realización 1:

La figura 1 muestra una vista lateral esquemática y cortada del cuerpo moldeado del ejemplo de realización 1, cuya materialización experimental se representa en la figura 2 y la figura 3. En la figura 2 y la figura 3 se reproducen unas respectivas tomas obtenidas con microscopio óptico de micrografías transversales de las distintas zonas parciales 1 a 4, estando representada en la figura 2 una micrografía transversal a través del cuerpo moldeado de esqueleto (11) de wolframio antes de la infiltración con cobre y estando representada en la figura 3 una micrografía transversal del cuerpo moldeado terminado (10) después de la infiltración con cobre.

La fabricación de la estructura de esqueleto de wolframio se realizó bajo una atmósfera de argón como gas protector en una instalación de fusión selectiva con láser, en la que se utilizó un laser de fibra operado en modo continuo con una longitud de onda $\lambda = 1070$ nm. Se empleó polvo de wolframio con un tamaño medio del polvo de 20-50 μm y forma esférica. La construcción de la estructura de esqueleto (11) de wolframio se realizó de manera estratificada sobre una placa de construcción apta para ser bajada: Para formar una capa se aplicó con una rasqueta una capa de polvo uniforme y se fundió ésta selectivamente con el haz de láser en las distintas zonas parciales 1 a 4 conforme a parámetros de proceso diferentes. Mientras se guiaba el haz de láser (valor de foco de aproximadamente 50-200 μm) sobre la muestra con una velocidad de barrido aproximadamente constante de alrededor de 400 mm/s en dirección horizontal y con una distancia entre rayas (distancia entre líneas de exposición) de aproximadamente 130 μm (independientemente de las distintas zonas parciales), se varió la potencia del láser en las distintas zonas parciales: Para la zona parcial exterior 1 con la más alta proporción en volumen de wolframio se eligieron como potencia del láser 400 vatios, para la zona parcial 2 se eligieron 200 W, para la zona parcial 3 se eligieron 150 W y para la zona parcial 4 se redujo la potencia del láser a 100 W. Después de la terminación de una capa se bajó la placa de construcción en una cuantía igual a 30 μm y se repitió iterativamente esta etapa del proceso hasta la construcción completa del cuerpo moldeado. A continuación, se separó de la placa de construcción el cuerpo moldeado de esqueleto de wolframio por medio de erosión con alambre. La figura 2 muestra tomas obtenidas con microscopio óptico de las zonas parciales 1 a 4 de una micrografía transversal a través de este cuerpo moldeado de esqueleto aún no infiltrado (el wolframio se representa en tono grisáceo y los poros aparecen oscuros).

Para la infiltración con una masa fundida de cobre se colocó el cuerpo moldeado de esqueleto de wolframio en un crisol de grafito y se le introdujo en un horno de sinterización a presión en vacío, en el que se calentó el cuerpo moldeado de esqueleto a más de 1150°C bajo presión parcial de argón (10 mbar) con un bloque de cobre OFHC (oxygen-free high thermal conductivity - alta conductividad térmica sin oxígeno) sobrepuesto. Después de un corto tiempo de mantenimiento se infiltró el cuerpo moldeado de esqueleto bajo una alta presión de argón de 50 bares. En la figura 3 se representan tomas obtenidas con microscopio óptico de las zonas parciales 1 a 4 de una micrografía transversal a través del cuerpo moldeado de WCu infiltrado (10) (el wolframio se representa en tono grisáceo, los poros infiltrados con cobre aparecen claros y los poros cerrados sin rellenar aparecen oscuros). Mientras que la zona parcial exterior está constituida por wolframio puro con una proporción en volumen de aproximadamente 95% (debido a la estructura de poros abiertos no penetra ningún infiltrado de cobre y estos poros intermedios aparecen oscuros), las zonas parciales 2 a 4 consisten en un material compuesto de wolframio-cobre (en las tomas con microscopio óptico están presentes también, en forma individualizada, poros cerrados sin rellenar). La proporción en volumen de wolframio es de aproximadamente 87% en volumen en la zona parcial 2, aproximadamente 79% en volumen en la zona parcial 3 y aproximadamente 72% en volumen en la zona parcial 4.

Ejemplo de realización 2:

En el ejemplo de realización 2 (figura 4) el cuerpo moldeado (20) presentaba adicionalmente también unas escotaduras infiltradas con cobre (se reproduce en una vista lateral esquemática y cortada del cuerpo moldeado). A este fin, en la estructura de esqueleto de wolframio se practican adicionalmente unas escotaduras 5 con un diámetro netamente mayor que el tamaño medio del polvo de wolframio dejando que no se funda el polvo en estas zonas y retirando por medio de el polvo de wolframio no fundido de las escotaduras de la estructura de esqueleto antes de la infiltración a presión de gas. El cuerpo moldeado se limpia en un baño de ultrasonidos, se seca en un armario de secado y seguidamente se infiltra. Las escotaduras están llenas de cobre.

Ejemplo de realización 3:

El ejemplo de realización 3 (figura 5) se diferencia del ejemplo de realización 2 en que las escotaduras se dejan sin rellenar después de la infiltración. A este fin, se han previsto las escotaduras (canales de refrigeración) por medio de fusión con láser en la zona parcial densa 1 en la que no existe una porosidad abierta y no puede penetrar el infiltrado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un cuerpo moldeado (10, 20, 30) de un material compuesto de penetración metálico a base de wolframio-cobre o a base de molibdeno-cobre, que comprende las etapas siguientes:
 - 5 • fabricar un cuerpo moldeado de esqueleto (11), que presenta al menos zonalmente una estructura de esqueleto de poros predominantemente abiertos, a partir de un polvo o una mezcla de polvos con un componente primario de molibdeno o de wolframio, a cuyo fin se construye de manera estratificada el cuerpo moldeado de esqueleto (11) por medio de capas superpuestas y, para formar una capa, se aplica siempre en una capa el polvo o la mezcla de polvos sin adición de aglutinantes orgánicos o de fundentes orgánicos, y el polvo o la mezcla de polvos se funde localmente al menos en parte en sitios predeterminados por medio de un procedimiento de fusión selectiva con haz y se le consolida durante la solidificación,
 - 10 • infiltrar el cuerpo moldeado de esqueleto (11) con una masa fundida de cobre o una aleación de cobre.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se ajusta la porosidad o el tamaño de poros de la estructura de esqueleto de una manera espacialmente diferente por medio del procedimiento de fusión selectiva con haz.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el cuerpo moldeado (10, 20, 30) presenta un gradiente en la composición química en una o más de una dirección del espacio.
4. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que se practica en la estructura de esqueleto al menos una escotadura (5, 6) de forma geoméricamente predeterminada dejando sin fundir partículas de polvo en la zona correspondiente y retirando las partículas de polvo sueltas de la estructura de esqueleto después de la fabricación de la estructura de esqueleto y antes de la infiltración con la masa fundida.
- 20 5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que se practica en el cuerpo moldeado (10, 20, 30) al menos una escotadura (6) de forma geoméricamente predeterminada.
6. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el procedimiento de fusión selectiva con haz consiste en una fusión selectiva con haz de láser (SLM) o una fusión selectiva con haz de electrones (EBM).
- 25 7. Cuerpo moldeado (10, 20, 30) de un material compuesto de penetración a base de wolframio-cobre o a base de molibdeno-cobre, fabricado por un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que se varía localmente la porosidad de la estructura de esqueleto en al menos dos direcciones del espacio.
8. Cuerpo moldeado según la reivindicación 7, caracterizado por que la estructura de esqueleto presenta unas escotaduras (5, 6) con un volumen cuya extensión mínima en una dirección es de al menos 100 µm.
- 30 9. Cuerpo moldeado según la reivindicación 8, caracterizado por que el cuerpo de esqueleto presenta unas escotaduras (6) con un volumen cuya extensión mínima en una dirección es de al menos 100 µm.
10. Cuerpo moldeado según las reivindicaciones 7 a 9, en el que al menos una parte del cuerpo moldeado presenta un gradiente bidimensional en la composición química.

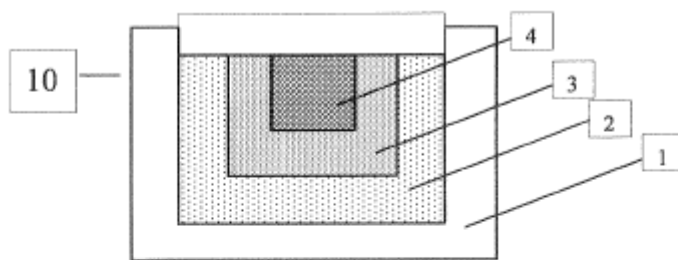


Fig. 1

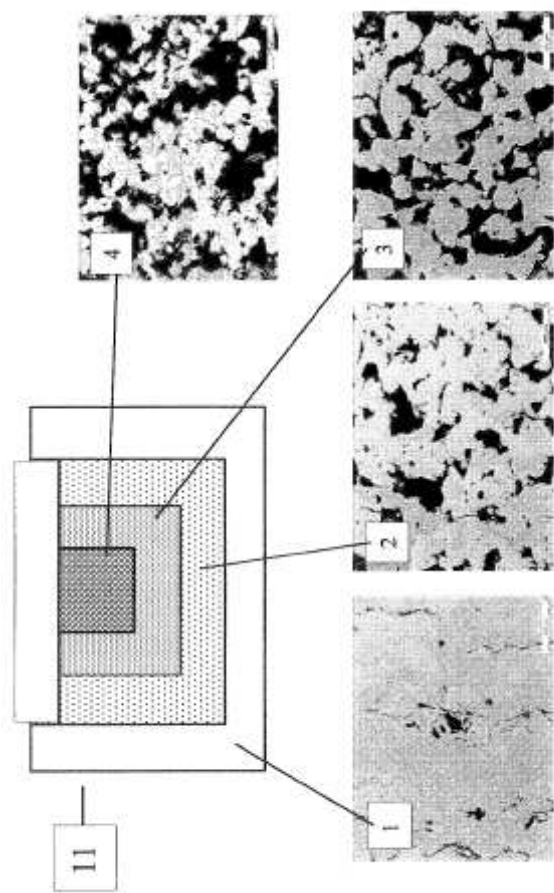


Fig. 2

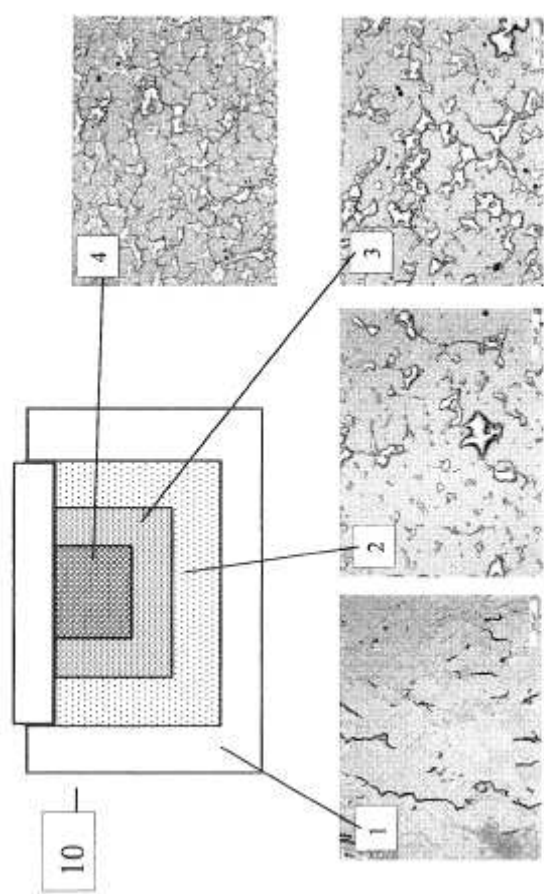


Fig. 3

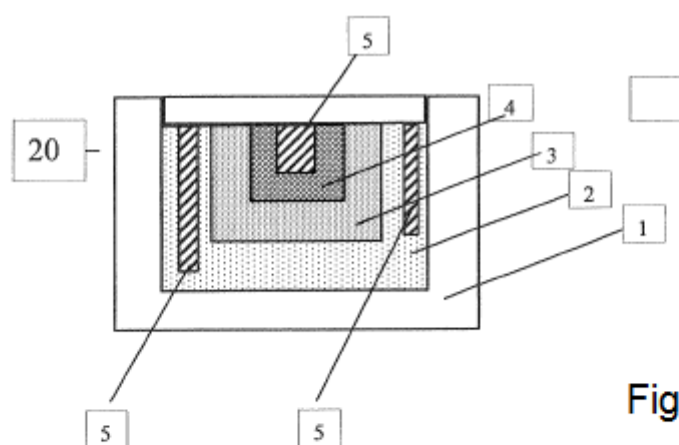


Fig. 4

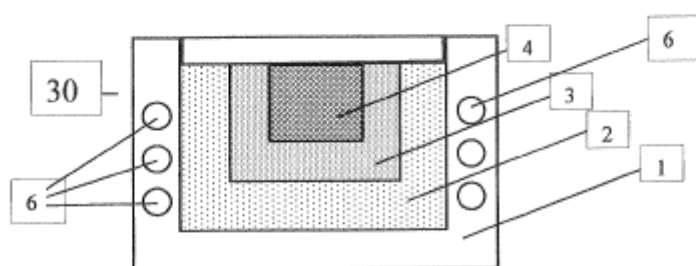


Fig. 5