

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 150**

51 Int. Cl.:

C22B 9/16 (2006.01)

C22B 9/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.05.2014 PCT/EP2014/058938**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14184007**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2014 E 14723031 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2997170**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la refusión y/o la aleación de refusión de materiales metálicos, en particular de nitinol**

30 Prioridad:

17.05.2013 DE 102013008396

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

27.02.2019

73 Titular/es:

**G. RAU GMBH & CO. KG (100.0%)
Kaiser-Friedrich-Strasse 7
75172 Pforzheim , DE**

72 Inventor/es:

SEDLMAYR, GERHARD

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 702 150 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 y dispositivo para la refusión y/o la aleación de refusión de materiales metálicos, en particular de nitinol

5 La invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para fabricar productos semiacabados metálicos mediante la refusión y/o aleación de refusión de materiales metálicos, realizándose la solidificación de la masa fundida, es decir la resolidificación/el enfriamiento brusco del material fundido mediante un dispositivo de refrigeración con una velocidad elevada de enfriamiento (el llamado quenching). Los materiales aquí procesados son
10 preferentemente productos semiacabados de partida en forma de placas, bandas, barras, barras redondas, alambre, bulones o tubos. En particular, la invención se refiere a la producción o el procesamiento de materiales o productos semiacabados de nitinol (NiTi). Por lo tanto, la invención se explicará en lo sucesivo sustancialmente con ayuda de nitinol, para el que la invención puede aplicarse de forma preferente, aunque no de forma exclusiva.

15 Por el documento DE 1121281 A se conoce una instalación de fusión para la fusión por arco eléctrico y la fusión por haz electrónico de metales bajo presión reducida, en la que se desgasifica el metal. El metal fundido gotea a una caldera refrigerada y forma allí un baño de fusión que se mantiene en estado líquido.

20 Por los documentos indicados a continuación se conocen procedimientos y dispositivos para la refusión local por haz de láser o haz electrónico de materiales: Liang Shuhua et al, "Structure and properties of CuCr50 prepared by laser fast remelt", Laser Technology 24 (2000) 388-391, los documentos US 2012/0097653 A1, DE 2 209 148 A, FR 2 599 640 A1, US 3,838,288, B. Vamsi Krishna et al, "Laser processing of Net-Shape NiTi Shape Memory Alloy", Metallurgical and Material Transactions A 38A (2007) 1096-1103 y Z. Sun et al, "Effect of laser surface remelting on the corrosion behavior of commercially pure titanium sheet", Materials Science and Engineering A345 (2003) 293-
25 300.

Es conocido que en la solidificación de un metal pueden formarse diferentes fases en función de los elementos usados y su proporción, véase p.ej. Gerhard Welsch, Rodney Boyer, E. W. Collings, Materials Properties Handbook: Titanium Alloys, ASM International 1993 y Gerd Lütjering, James C. Williams, Titanium, Springer 2003/2007, así
30 como Jan Frenzel, Werkstoffkundliche Untersuchungen zur schmelzmetallurgischen Herstellung von Ni-reichen NiTi-Formgedächtnislegierungen, tesis doctoral Universidad Ruhr de Bochum 2005, Editorial Shaker 2006. Además, también la presencia de impurezas como oxígeno y carbono en el proceso de fusión puede generar inclusiones en la aleación formada, véanse las referencias bibliográficas indicadas. El término inclusiones se refiere en la metalurgia en general a las inclusiones de materiales no metálicas en metales, que se deben a la fabricación o a la formación.

35 Las fases y las inclusiones influyen en muchos casos en las propiedades de los materiales, por ejemplo, la solidez, la conformabilidad y el comportamiento de fatiga. Por lo tanto, la formación controlada de fases e inclusiones durante el proceso de fusión puede aprovecharse para conseguir propiedades de materiales previsibles y deseadas. Respecto a la influencia de las inclusiones en el comportamiento de fatiga de aceros en general véase p.ej. P. Grad, B. Reuscher, A. Brodyanski, M. Kopnarski y E. Kerscher, Analysis of the Crack Initiation at Non-Metallic Inclusions in High-Strength Steels, Practical Metallography 49 (2012) 468-469.
40

Es conocido el enfriamiento brusco rápido de metales y sistemas de aleaciones de metales a partir de la masa fundida con ayuda de diferentes procedimientos, para conferir al material en el estado de agregación sólido
45 propiedades, que no tiene después de procesos lentos de colada y solidificación, véanse p.ej. las siguientes referencias bibliográficas: Pol Duwez, citado en el documento US 4,400,208 A; Pol Duwez, R. H. Willens y W. Klement Jr., Continuous Series of Metastable Solid Solutions, Journal of Applied Physics 31 (1960) 1136; los documentos US 2003/056863 A1; US 2009/139612 A1; US 2009/260723 A1; EP 0 024 506 A1; US 4,537,239; US 5,564,490; US 5,842,511; US 5,365,664; US 2004/0043246 A1. Así es posible hacer pasar aleaciones de metales mediante solidificación rápida al estado amorfo o mantener elementos en solución sólida (sobresaturación de la
50 aleación), que volverían a disgregarse en caso de una solidificación lenta. Además, un enfriamiento rápido puede hacer que las aleaciones se solidifiquen de forma microcristalina y que las disgregaciones no se precipiten como fases gruesas.

55 Mediante un enfriamiento rápido a partir de la masa fundida puede suprimirse en gran medida la formación de fases de equilibrio de este tipo. Por la conductividad térmica limitada de muchos materiales se presentan no obstante velocidades limitadas de enfriamiento por razones relacionadas con la geometría o el volumen, por lo que en la mayoría de los casos no puede suprimirse en el grado deseado la formación de fases extrañas.

60 Se consigue una solidificación rápida porque la capacidad de calor de una masa fundida se cede en un tiempo lo más corto posible mediante conducción del calor a un medio refrigerante que está en contacto con la masa fundida. La velocidad del enfriamiento brusco depende aquí de forma decisiva del tamaño de la superficie de contacto de la masa fundida con el medio refrigerante en la proporción de la cantidad de la masa fundida y del material del medio refrigerante. Cuanto más grande sea la superficie de contacto en relación con la cantidad de la masa fundida tanto
65 más elevada es la velocidad del enfriamiento brusco.

Para el enfriamiento brusco de masas fundidas de metal se conoce en el estado de la técnica la hilatura por fusión (melt-spinning), véanse p.ej. los documentos US 2013/0014860 A1, US 2012/0281510 A1, US 2007/0251665 A1 y WO 2000/47351 A1. Se proyecta un chorro fino de la masa fundida de la aleación sobre una rueda de cobre rotatoria, que sirve como dispositivo de refrigeración. Durante este proceso se forman bandas finas, estrechas.

5 Según otro procedimiento conocido, se realiza una pulverización de una masa fundida de metal sobre un medio refrigerante, de modo que el mismo se presenta como polvo fino.

Los procedimientos conocidos tienen en común que para fabricar un material compacto tiene que realizarse posteriormente otra consolidación, es decir, una unión de materiales. Por ejemplo, es posible formar mediante conformación por metalización un cuerpo con más volumen. También es posible formar cuerpos macizos mediante fusión selectiva de polvo (prototipado rápido). No obstante, los procedimientos conocidos van unidos por regla general con una absorción de gas o con una porosidad residual no deseada.

10

En el caso de nitinol (NiTi) es conocido realizar para la conformación o la influencia en la temperatura de transformación o en las propiedades elásticas un tratamiento térmico con un proceso de enfriamiento brusco posterior, es decir, un enfriamiento rápido. El enfriamiento brusco no se realiza a partir de la masa fundida sino en un cuerpo sólido, es decir, se trata de procesos de fase sólida y no de fase líquida. Ejemplos son los documentos WO 2013/119912 A1, US 2005/0082773 A1, US 2005/0096733 A1, US 2004/0059410 A1, US 6,422,010 B1, US 6,375,458 B1, JP 61106740 A, JP 61041752 A, JP 60169551 A, JP 60103166 A, JP 59150069 A y US 3,953,253.

15

Además, en el caso de nitinol es conocido fabricar a partir de un material de partida completamente fundido que se presenta en una caldera de fusión mediante un enfriamiento rápido filamentos muy finos o material en forma de bandas muy finas. Para ello, la masa fundida de metal líquida se aplica en una rueda de cobre refrigerada o se hace pasar entre dos cilindros refrigerados. Se produce un enfriamiento rápido, que se denomina quenching, y el material se solidifica. Los procedimientos de este tipo están descritos por ejemplo en los documentos JP 8337854 A, JP 5118272 A y JP 59104459 A. En el caso de nitinol (NiTi) hasta ahora no es conocido influir mediante un enfriamiento rápido de la masa fundida de forma selectiva en las propiedades metalúrgicas y mecánicas del material en forma de un producto semiacabado macizo, en particular en la formación y el tamaño, la parte proporcional y la distribución de fases extrañas en el producto semiacabado macizo. Tampoco es conocido hasta ahora realizar en los productos semiacabados de nitinol en la producción un enfriamiento brusco activo y rápido a partir de la masa fundida.

20

25

30

El nitinol se produce según el estado de la técnica mediante diferentes procedimientos de fusión en vacío, es decir, VIM (Vacuum-Induction-Melting, fusión por inducción al vacío) y VAR (Vacuum-Arc-Remelting, refusión al arco al vacío). En el EBR (Electron-Beam-Remelting, refusión por haz electrónico) convencional, conocido por ejemplo por la producción de metales refractarios de alto punto de fusión, como tantalio y niobio, la masa fundida se solidifica en calderas de cobre refrigeradas por agua, impidiendo el volumen comparativamente grande de la masa fundida una solidificación rápida.

35

Por la referencia bibliográfica Mohammad H. Elahinia, Mahdi Hashemi, Majid Tabesh, Sarit B. Bhaduri, Manufacturing and processing of NiTi implants: A review, Progress in Materials Science 57 (2012) 011-946 es conocido usar el EBM (Electron-Beam-Melting) para la producción de nitinol. Se funde un cuerpo en forma de barra a partir de los metales de partida Ni y Ti mediante un haz electrónico de alta potencia con un volumen de fusión grande, fundiéndose el cuerpo al mismo tiempo a largo de toda su sección transversal. El material fundido gotea a una coquilla de cobre refrigerada y solidifica allí debido al volumen con una velocidad de enfriamiento relativamente reducida, para que la masa fundida que se añade no incida sobre material sólido sino sobre material líquido pudiendo unirse así para formar un cuerpo homogéneo. El EBR con radiación enfocada hasta ahora no se ha usado para fabricar nitinol.

40

45

En la producción de nitinol, en el proceso de solidificación se forma además de la fase primaria intermetálica deseada NiTi una pluralidad de fases extrañas no deseadas y de fases secundarias en forma de fases binarias, ternarias y cuaternarias con diferentes tamaños y distribuciones. Entre ellas se encuentran por ejemplo los carburos, como TiC y las fases intermetálicas Ti_2Ni , Ti_2NiO_x , Ti_4Ni_2O , y Ti_4Ni_3 . Estas se denominan en general inclusiones, porque se supone que influyen en gran medida en las propiedades del material. La formación de estas fases es casi inevitable por razones de la constitución y se favorece en particular por impurezas en forma de oxígeno y carbono, que se introducen a través de los materiales de partida (Ti y Ni) o que proceden del entorno del proceso (material de la caldera o dado el caso de la atmósfera del entorno). En particular, las impurezas en forma de oxígeno y carbono conducen a las fases Ti_2NiO_x y TiC. En la norma ASTM F2063-5 se denominan inclusiones.

50

55

Unos estudios más recientes confirman la suposición que el número, el tamaño y la forma de estas fases/inclusiones en productos semiacabados, por ejemplo, tubos o alambres, influyen fuertemente en las propiedades de los productos fabricados a partir de los mismos, por ejemplo, en la resistencia a la corrosión y el comportamiento de fatiga de stents de nitinol, véase p.ej. el documento US 2010/0274077 A1. Durante los procesos de conformación posteriores se forman en muchos casos espacios huecos (voids) alrededor de las inclusiones más difíciles de conformar, que ofrecen puntos de ataque adicionales para la corrosión, véase p.ej. el documento US 2012/0039740 A1.

60

65

El nitinol es un material para implantes. Es conocido que faltas de homogeneidad en la estructura e inclusiones pueden reducir la resistencia a la fatiga así como la resistencia a la corrosión del mismo, véanse p.ej. las citas en el documento US 8,430,981 B1 de C. M. Wayman, *Smart Materials – Shape Memory Alloys*, MRS Bulletin 18 (1993) 49-56 y M. Nishida, C. M. Wayman, T. Honma, *Precipitation processes in near-equiatomic TiNi shape memory alloys*, Metallurgical Transactions A 17 (1986) 1505-1515, así como H. Hosoda, S. Hanada, K. Inoue, T. Fukui, Y. Mishima, T. Suzuki, *Martensite transformation temperatures and mechanical properties of ternary NiTi alloys with offstoichiometric compositions*, Intermetallics 6 (1998) 291-301.

La influencia de las inclusiones en el comportamiento de fatiga de NiTi está descrita por ejemplo en Tak Ahiro Sawaguchi, Gregor Kausträter, Alejandro Yawny, Martin Wagner, Gunther Eggeler, *Crack initiation and propagation in 50.9 At. pct Ni-Ti pseudoelastic shape-memory wires in bending-rotation fatigue*, Metallurgical and Materials Transactions A 34 (2003) 2847-2860 y en M. Rahima, J. Frenzel, M. Frotscher, J. Pfetzinger-Micklich, R. Steegmüller, M. Wohlschlögel, H. Mughrabi, G. Eggeler, *Impurity levels and fatigue lives of pseudoelastic NiTi shape memory alloys*, Acta Materialia 61 (2013) 3667-3686. Respecto a la influencia de inclusiones en la resistencia a la corrosión, véase la referencia bibliográfica Markus Wohlschlögel, Rainer Steegmüller y Andreas Schüssler, *Potentiodynamic polarization study on electropolished nitinol vascular implants*, Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials 100B (2012) 2231-2238.

En particular en el caso de estructuras filigranas de implantes (stents, marcos de válvulas de corazón), que por los fluidos corporales están expuestos a una fatiga por corrosión adicional, las inclusiones que se han formado por la solidificación influyen negativamente en el comportamiento de fatiga y de corrosión. Por lo tanto, los fabricantes de productos semiacabados de nitinol hacen grandes esfuerzos para fabricar aleaciones de nitinol con inclusiones lo más pequeñas posible, por ejemplo, mediante el uso de materiales de partida purísimos, p.ej. el llamado "iodide-reduced titanium crystal bar", con la consecuencia de unos costes de producción muy elevados.

Si bien en los últimos años pudo reducirse claramente la parte en volumen de las inclusiones gracias a optimizaciones en el proceso, siguen presentándose inclusiones molestas, que pueden identificarse una y otra vez como motivo de rotura, en particular en el comportamiento de fatiga. El nitinol producido según el estado de la técnica mediante la tecnología de la fusión al vacío sigue presentando actualmente inclusiones no deseadas, cuya formación no puede evitarse del todo, tampoco al usarse materiales de partida purísimos, muy caros. Entre los expertos sigue habiendo discusiones respecto a los efectos de inclusiones en nitinol. Casi todas las aleaciones técnicas contienen inclusiones y los expertos siguen partiendo actualmente de que el nitinol no puede fundirse sin que se formen inclusiones y que estos son omnipresentes. Se supone que puede influirse hasta cierto grado en su tamaño, distribución y tipo y que las inclusiones más pequeñas, más circulares y un menor número de inclusiones pueden conducir a un mejor comportamiento de fatiga, pero hasta ahora el estado de la técnica no ha conseguido fabricar nitinol sin inclusiones, casi sin inclusiones o con muy pocas inclusiones muy pequeñas.

Según las normas habituales, la parte en volumen de las inclusiones y espacios huecos en el nitinol para uso médico no debe rebasar el 2,8 % y los mismos no deben tener un tamaño superior a 39 µm. Unos perfeccionamientos técnicos permiten hoy día tamaños de inclusiones entre 10 µm y 20 µm. En particular, la miniaturización creciente de los implantes médicos (stents para uso neurológico) y los requisitos de calidad crecientes (marcos de válvulas de corazón) requieren otros esfuerzos para seguir mejorando el estado alcanzado.

Partiendo de este estado de la técnica, la presente invención tiene el objetivo de crear un procedimiento mejorado y un dispositivo correspondiente, con los que pueda someterse un material a una refusión y/o aleación de refusión de tal modo que el producto semiacabado formado presente a lo largo de una parte sustancial de su sección transversal una estructura con características de una solidificación rápida. En particular, la presente invención tiene el objetivo de crear en una forma de realización preferible un procedimiento y un dispositivo correspondiente que permitan fabricar productos semiacabados de nitinol que ya no presenten inclusiones molestas, es decir, que estén sin inclusiones, casi sin inclusiones o que presenten muy pocas inclusiones muy pequeñas.

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 adjunta o un dispositivo con las características de la reivindicación respecto al dispositivo 19. En las reivindicaciones subordinadas y dependientes y en la descripción expuesta a continuación con los dibujos adjuntos se indican configuraciones, variantes y usos preferibles de la invención.

Un procedimiento de acuerdo con la invención para fabricar productos semiacabados metálicos mediante refusión y/o aleación de refusión de materiales metálicos, realizándose la solidificación de la masa fundida mediante un dispositivo de refrigeración con una velocidad elevada de enfriamiento, presenta la particularidad de que el material se funde de forma selectiva y local en un capilar de fusión en el volumen del material mediante una radiación enfocada de gran energía, la disipación del calor que procede del capilar de fusión se realiza mediante el volumen del material no refundido, frío, adyacente al capilar de fusión, simultáneamente con la fusión del material mediante la radiación enfocada el volumen del material es enfriado mediante un disipador térmico para disipar el calor que es cedido por el capilar de fusión al volumen del material, estando acoplado el disipador térmico con al menos una parte de al menos una superficie del volumen del material con una buena conductividad térmica y refrigerándose el disipador térmico mediante un líquido refrigerante, estando acoplado el disipador térmico con el volumen del material

con una buena conductividad térmica en un punto del volumen del material que está situado cerca del foco de la radiación enfocada en el material o cerca del capilar de fusión, y para la fusión del volumen del material del material que envuelve el capilar de fusión el foco de la radiación enfocada se desplaza por encima del material o el capilar de fusión se desplaza a través del material, desplazándose el foco de la radiación enfocada de gran energía y el material irradiado de tal modo uno respecto al otro que el foco pasa por encima de la superficie deseada.

La invención se refiere por lo tanto a un procedimiento de refusión selectiva mediante radiación enfocada de gran energía, que forma en un material un capilar de fusión, es decir, un canal de fusión con un diámetro reducido, impidiéndose mediante un calentamiento local rápido y un enfriamiento rápido de la masa fundida la formación de inclusiones en la masa fundida subenfriada. El procedimiento de acuerdo con la invención sirve para la refusión y/o la (re)aleación de materiales que presentan preferentemente la forma de placas, de bandas, de barras, de barras redondas, de alambres o de tubos como productos semiacabados de partida, realizándose la fusión mediante una radiación enfocada de gran energía en una zona local pequeña en forma de un capilar de fusión, que se hace pasar de forma continua a través del volumen del material, forzándose mediante un enfriamiento intensivo del material cerca del capilar de fusión mediante un disipador térmico refrigerado una solidificación rápida/un enfriamiento brusco de material fundido.

La velocidad elevada de enfriamiento necesaria para una solidificación sin precipitaciones se permite en primer lugar gracias a la selectividad del volumen de fusión, es decir, gracias a un volumen de fusión pequeño local en un capilar de fusión. La invención está basada en que, gracias al uso de una radiación enfocada de gran energía, el volumen de fusión se reduce de tal modo que la disipación rápida de calor mediante el material directamente adyacente al capilar de fusión conduce a una masa fundida fuertemente subenfriada. Para conseguir una velocidad elevada de enfriamiento en un procedimiento de acuerdo con la invención continuo, realizado de forma estable, se disipa el calor aportado por la radiación al material para la fusión. Para ello sirve un enfriamiento efectivo, local del material en la zona del capilar de fusión con un disipador térmico que es refrigerado por un líquido refrigerante.

Un dispositivo de acuerdo con la invención correspondiente para fabricar productos semiacabados metálicos mediante refusión y/o aleación de refusión de materiales metálicos, realizándose la solidificación de la masa fundida mediante un dispositivo de refrigeración con una velocidad elevada de enfriamiento, presenta la particularidad de que presenta un dispositivo de radiación para generar una radiación enfocada de gran energía, que está realizado para la fusión local selectiva del material en un capilar de fusión en el volumen del material, realizándose la disipación del calor que procede del capilar de fusión mediante el volumen del material no refundido, frío, adyacente al capilar de fusión, de que presenta un dispositivo de refrigeración para refrigerar al menos un disipador térmico que está realizado para disipar el calor que es cedido por el capilar de fusión al volumen del material mediante enfriamiento del volumen del material mediante el disipador térmico, mientras que se funde simultáneamente el material mediante la radiación enfocada, pudiendo acoplarse el disipador térmico con al menos una parte de al menos una superficie del volumen del material con una buena conductividad térmica y pudiendo enfriarse el disipador térmico mediante un líquido refrigerante, pudiendo acoplarse el disipador térmico con el volumen del material con una buena conductividad térmica en un punto del volumen del material que está situado cerca del foco de la radiación enfocada en el material o cerca del capilar de fusión en el material, y que está realizado de tal modo que para la fusión del volumen del material del material que envuelve el capilar de fusión el foco de la radiación enfocada puede desplazarse por encima del material o el capilar de fusión puede desplazarse a través del material, pudiendo desplazarse el foco de la radiación enfocada de gran energía y el material irradiado de tal modo uno respecto al otro que el foco pasa por encima de la superficie deseada.

En el marco de la invención se ha encontrado que en nitinol las fases secundarias se presentan de forma más o menos gruesa, según la velocidad de solidificación. En el marco de la invención también se ha encontrado que la gran parte de inclusiones en el nitinol producido según el estado de la técnica está basada en la velocidad reducida de enfriamiento en la producción de fundición habitual del mismo y que en un enfriamiento rápido activo se impide la formación de inclusiones en la masa fundida subenfriada. La disolución de las inclusiones se realiza por lo tanto mediante refusión combinada con una velocidad elevada de enfriamiento, que impide la formación de las precipitaciones.

En una producción según el estado de la técnica, la velocidad de enfriamiento podría aumentarse en principio porque se reduce la cantidad de calor aportada al material para la fusión del mismo. Para la disolución de las fases indeseadas debe rebasarse, no obstante, la temperatura de fusión, es decir, debe aportarse una gran cantidad de calor. La invención está basada en el conocimiento de que puede conseguirse a pesar de ello una velocidad elevada de enfriamiento aportándose la cantidad de calor aportada al material mediante una radiación enfocada de gran energía de forma selectiva y local solo a un volumen pequeño, reducido de masa fundida, al capilar de fusión que forma un canal de fusión, que puede enfriarse rápidamente. La solidificación rápida del material fundido en el canal de fusión se realiza mediante disipación de calor del capilar de fusión mediante el volumen del material frío, no refundido, adyacente al capilar de fusión (autoenfriamiento brusco), que disipa su calor a uno o varios disipadores térmicos acoplados con una buena conductividad térmica, estando acoplado el disipador térmico con al menos una parte de al menos una superficie del volumen del material con una buena conductividad térmica, y refrigerándose el disipador térmico propiamente dicho mediante un líquido refrigerante.

5 Como medio refrigerante directo para el capilar de fusión actúa por lo tanto el metal base no licuado, adyacente al capilar de fusión, en el que la masa fundida cristaliza/solidifica por la igualdad de los materiales de forma epitáctica en la estructura base. Durante este proceso, el entorno disipa casi de golpe el calor del volumen de fusión muy pequeño del capilar de fusión. El metal base disipa la capacidad de calor de la masa fundida en el capilar de fusión sin pérdidas por transición a un disipador térmico refrigerado, que es refrigerado mediante un líquido refrigerante.

10 Puesto que la refusión se realiza preferentemente al vacío, por regla general se excluye el uso de una refrigeración directa por gas o agua como único disipador térmico. Una refrigeración por gas por regla general no es adecuada para la disipación de una gran cantidad de calor y la capacidad térmica de gases y líquidos en la mayoría de los casos no es tan elevada que pueden acoplarse directamente de forma termoconductora como disipador térmico con el material a procesar para el enfriamiento del material. En formas de realización especiales, en particular cuando no se necesita un enfriamiento muy rápido, también puede estar previsto que sea suficiente una refrigeración por gas o en particular por líquido como único disipador térmico. En formas de realización preferibles se usa, no obstante, un disipador térmico que está hecho de un material macizo, altamente termoconductor, que disipa el calor del material procesado de forma rápida y efectiva y es refrigerado a su vez mediante un líquido refrigerante. Mediante un disipador térmico de un material altamente termoconductor se evita también un sobrecalentamiento puntual del líquido refrigerante por la formación de burbujas de vapor (efecto Leidenfrost). Unos materiales especialmente adecuados para ello, altamente termoconductores, son el cobre o la plata.

20 El disipador térmico establece contacto con el material a refundir lo más cerca posible del capilar de fusión, en una superficie lo más grande posible y sin rendija. Según la forma del material procesado, el disipador térmico puede estar realizado como dispositivo de retención externo separado, p.ej. como dispositivo de presión, de apriete, de prensado o de sujeción (p.ej. mordazas de presión, placas de retención, dispositivo de sujeción, pinzas de sujeción, plato de sujeción), que establece contacto con la superficie del material procesado desde el exterior o puede ser un disipador térmico moldeado en el material, p.ej. una camisa de refrigeración formada por un tubo (fijado por contracción, montado a presión o colado alrededor), en particular un tubo de cobre o un núcleo de refrigeración formado por un núcleo o tubo (contraído o ensanchado), en particular un núcleo de cobre o un tubo de cobre. Las diferentes variantes también pueden combinarse entre sí para conseguir una velocidad de enfriamiento muy elevada.

30 El disipador térmico propiamente dicho es refrigerado mediante un líquido refrigerante, por ejemplo, con agua, alcohol congelado o nitrógeno líquido, en particular mediante un circuito de refrigeración exterior. El líquido refrigerante puede fluir alrededor del disipador térmico. El líquido refrigerante fluye preferentemente por el disipador térmico, para lo que se han incorporado canales de refrigeración o cavidades en el disipador térmico para hacer pasar el líquido refrigerante por el disipador térmico.

40 Para la refusión de todo el volumen del material, de una parte muy grande del volumen del material o de una parte deseada del volumen del material del material, el foco de la radiación enfocada se desplaza por encima del material o el capilar de fusión se desplaza a través del material. Durante este proceso, el foco de la radiación enfocada de gran energía y el material irradiado se desplazan de tal modo uno respecto al otro que el foco pasa por encima de la superficie deseada. El desplazamiento puede realizarse por un desplazamiento del foco con el material irradiado estacionario, mediante un desplazamiento del material irradiado con el foco estacionario o mediante un desplazamiento tanto del foco como del material irradiado y puede realizarse de forma línea, en forma de zigzag, en forma de espiral, en forma de círculo o de otra forma.

45 Para conseguir una velocidad elevada de enfriamiento, el disipador térmico está acoplado con el volumen del material con una buena conductividad térmica en un punto del volumen del material que está situado cerca del foco de la radiación enfocada en el material o cerca del capilar de fusión en el material. Cerca en este sentido significa ceñido a, de forma directamente adyacente o de forma directamente contigua. La longitud del recorrido que debe realizar el calor del capilar de fusión a través del material procesado al disipador térmico debería ser lo más corto posible para conseguir un enfriamiento eficiente del capilar de fusión mediante el disipador térmico a través del material que lo envuelve. En formas de realización ventajosas, la distancia del foco de la radiación enfocada en el material al disipador térmico o la distancia del capilar de fusión en el material al disipador térmico es inferior a 50 veces, preferentemente inferior a 25 veces y de forma especialmente preferible inferior a 10 veces el diámetro del capilar de fusión. La distancia se refiere aquí a la sección transversal restante de la pared no refundida o no fundida en el material. Cuando se pretende alcanzar una velocidad máxima de enfriamiento, el foco de la radiación o el capilar de fusión puede acercarse al disipador térmico hasta una distancia restante, que corresponde a dos veces el diámetro del capilar de fusión.

60 En la refusión de tubos con refrigeración interior, el disipador térmico se encuentra directamente por debajo del capilar de fusión y disipa por lo tanto sin ningún rodeo energía del volumen del material dispuesto delante y detrás del mismo. De este modo se disipa una corriente térmica avanzada y retardada, no siendo posible una colocación más cercana. En el caso de espesores de pared superiores a 2 mm o en caso de barras o bloques macizos, gracias a una refrigeración exterior complementaria resulta una aceleración adicional de la disipación de calor, que puede aumentarse aún más mediante una irradiación oblicua de la radiación enfocada.

Cuanto menor sea la conductividad térmica del material tanto más es necesario colocar el disipador térmico cerca del capilar de fusión. Puesto que la conductividad térmica de nitinol es muy reducida, esta característica es especialmente importante en el material. Gracias a la combinación del enfriamiento del capilar de fusión mediante el metal base que lo envuelve con el enfriamiento intensivo por un disipador térmico acoplado de forma ceñida, que disipa su calor a un circuito de refrigeración exterior, puede conseguirse una velocidad muy elevada de enfriamiento, de modo que se fuerza una solidificación muy rápida.

Por la alta temperatura en el capilar de vapor, todas las precipitaciones/fases extrañas se disuelven completamente en un tiempo mínimo. La masa fundida de metal fluye alrededor del capilar de vapor y se solidifica en su lado posterior, es decir "corriente arriba" respecto a la dirección de desplazamiento del foco en el material. El desplazamiento característico del material del capilar de fusión, es decir, el flujo alrededor del material en una llamada convección Marangoni, conduce a una mezcla intensa y homogénea del material en el capilar de fusión. Durante la refusión continua, la transición de calor se produce en tres direcciones espaciales. La solidificación epitáctica para formar la red del metal base provoca aquí una disipación de calor muy elevada.

Gracias a un enfriamiento rápido del capilar de fusión de un volumen pequeño puede suprimirse completamente la formación de precipitaciones. Por lo tanto, mediante un capilar de fusión local, enfocado, desplazado puede formarse un producto semiacabado macizo por enfriamiento rápido, cuya estructura de metal fundido solidificada no presenta precipitaciones o inclusiones. El procedimiento de acuerdo con la invención podría denominarse por lo tanto "Focused Quench Casting".

Los parámetros del proceso se eligen de forma específica según el material de tal modo que se alcanza el punto de fusión de las fases a disolver. El volumen de fusión reducido que se presenta en el canal de fusión estrecho se solidifica mediante disipación del calor al entorno refrigerado con una velocidad elevada de solidificación. La velocidad de solidificación puede ajustarse mediante la velocidad de avance, es decir, la velocidad con la que el capilar de fusión se desplaza a través del material. Mediante el control de la velocidad de solidificación puede influirse en el tipo, la parte proporcional del volumen y el tamaño de las precipitaciones pudiendo ajustarse los mismos.

Este conocimiento de acuerdo con la invención no solo puede usarse de forma ventajosa en el caso de nitinol sino también en caso de otros materiales para conseguir una formación homogénea de la estructura o una distribución sumamente fina de fases precipitadas o para fabricar o procesar productos semiacabados.

En formas de realización preferibles, como radiación enfocada de gran energía se usa un haz electrónico, un haz de láser, un haz iónico o un haz de plasma. Con estas formas de realización puede conseguirse tanto una gran energía como una alta densidad de energía en el foco de la radiación en el material. Desde este punto de vista, es preferible un haz electrónico. La radiación enfocada de gran energía puede ser un haz continuo o eventualmente también un haz intermitente, pulsado.

En el estado de la técnica se conoce el tratamiento de capas marginales con haz electrónico, véase p.ej. el documento US 2005/0263219 A1. Sirve para el tratamiento de las capas marginales de materiales metálicos con un haz electrónico para la protección contra desgaste y corrosión. Se distingue entre procesos de fases sólidos (templado, recocido, revenido) y procesos de fase líquida (refusión, aleación, dispersión, aplicación). No obstante, a diferencia de la invención, aquí no tiene lugar ninguna disipación de calor mediante un disipador térmico refrigerado por un líquido refrigerante y no se procesa ningún producto semiacabado o producto intermedio, sino un producto final. Además, en el tratamiento de capas marginales con haz electrónico se trata solo la superficie, mientras que en la invención se refunde la estructura de un material macizo a una gran profundidad y en el 100 % o casi el 100 % de su sección transversal y/o de su volumen. Una variante de esto es el tratamiento de capas marginales con plasma, véase p.ej. el documento US 2008/0000881 A1.

De forma análoga a la soldadura profunda conocida, la invención podía denominarse refusión por radiación profunda o aleación de refusión por radiación profunda, puesto que genera para todas las radiaciones enfocadas de gran energía usadas, es decir, también para un haz electrónico preferible, un capilar de fusión, como es conocido como capilar de vapor de la soldadura profunda con un haz de láser. En la soldadura con haz de láser se distingue entre la soldadura con conducción de calor, en la que el material solo se funde en la superficie, y la soldadura profunda mediante láser o la soldadura profunda, que está basada en la generación de un capilar de vapor (llamado también ojo de cerradura) en el material. Aquí es importante la carga térmica reducida de la pieza de trabajo, que permite un procesamiento con pocas deformaciones o sin deformaciones. En el caso de grandes intensidades del haz en el foco, se forma en la masa fundida un capilar de vapor en la dirección del haz, un espacio hueco tubular llenado con vapor metálico o vapor metálico parcialmente ionizado, que también se denomina ojo de cerradura, en la profundidad de la pieza de trabajo. El material se funde por lo tanto también en la profundidad, pudiendo ascender la profundidad de la zona de fusión a un múltiplo de su anchura. Por reflexiones múltiples en las paredes, el capilar de vapor aumenta la absorción de la radiación láser en el material, por lo que puede generarse un volumen de fusión más grande en comparación con la soldadura con conducción de calor.

Siempre que haya una intensidad suficiente, se alcanza la temperatura de fusión y comienza una evaporación local.

Si se sigue aumentando la potencia alimentada, se forma finalmente un canal de vapor, en cuya geometría influyen los parámetros del haz y del proceso. La formación del capilar de vapor, que se denomina también ojo de cerradura, es característica para la soldadura profunda. La presión del material que evapora contrarresta la presión hidrostática de la masa fundida del entorno, así como las tensiones superficiales de la misma e impide el cierre del capilar.

5 Gracias al movimiento relativo entre el haz de láser y la pieza de trabajo se funde continuamente material nuevo, que fluye lateralmente alrededor del capilar de vapor y que vuelve a solidificarse detrás del mismo por el transporte de energía por la conducción y la convección.

10 La fusión se realiza en la invención con una densidad de energía tan grande que se forma un canal de fusión de forma análoga al efecto de soldadura profunda, que es conducido continuamente a través del volumen del material que ha de refundirse. La película fundida estrecha que envuelve el canal de fusión vuelve a converger detrás del canal de fusión que avanza y se solidifica por disipación de calor. La solidificación tiene aquí lugar de forma tanto más rápida cuanto más estrecho esté realizado el canal de fusión y cuanto más rápido sea el movimiento de avance.

15 Un producto semiacabado producido de acuerdo con la invención puede usarse en la forma aquí descrita o puede someterse a un procesamiento subsiguiente en procesos de conformación convencionales para obtener un producto final. La estructura de metal fundido solidificada obtenida con una refusión o una aleación de refusión de acuerdo con la invención puede homogeneizarse por ejemplo en un proceso de tratamiento térmico posterior, seguido de otro proceso de conformación en caliente y/o en frío, antes de seguir procesándose en un proceso convencional existente. Un material producido puede prensarse p.ej. mediante un proceso de extrusión para obtener un alambre o puede procesarse mediante forjado u otros procesos de conformación sin arranque de virutas, como laminado y estirado. Las zonas no refundidas del material, p.ej. una capa marginal adyacente a una superficie de refrigeración, no refundida en el material o un núcleo no refundido del material, o un disipador térmico moldeado en el material, p.ej. una camisa de cobre o un núcleo de cobre, pueden eliminarse antes, durante o también después de la conformación final terminal del producto semiacabado macizo producido mediante procesos mecánicos o químicos, por ejemplo mediante un repaso fresando o rectificando o mediante taladrado de forma análoga a la fabricación de tubos.

30 La siguiente tabla muestra las ventajas en cuanto al tamaño de inclusiones del nitinol producido de acuerdo con la invención. Está representado el resultado de exámenes metalográficos de productos semiacabados de nitinol, que se han producido según el estado de la técnica (VAR) y según el procedimiento de acuerdo con la invención mediante refusión por haz electrónico con enfriamiento brusco activo. El método de examen fue optimizado para que pueda percibirse el pequeño tamaño de las inclusiones del tipo Ti_2NiO_x .

	VAR	Invención
Parte proporcional de la superficie de las inclusiones	0,73 %	0,15 %
Tamaño medio de las inclusiones	2,80 μm	0,40 μm
Tamaño máximo de las inclusiones	16,5 μm	1,54 μm

35 Se ve que la invención consigue ventajas considerables, puesto que la parte proporcional de la superficie de las inclusiones, el tamaño medio de las inclusiones y el tamaño máximo de las inclusiones se reducen significativamente. La tabla muestra los resultados de formas de realización sencillas de la invención. Se ha mostrado que, con un control mejorado del proceso, en particular una mayor velocidad de enfriamiento, las inclusiones también pueden evitarse por completo o casi por completo. Con la invención puede fabricarse un material purísimo, sin inclusiones, casi sin inclusiones o solo con muy pocas inclusiones con una distribución homogénea de las inclusiones, que son mucho más pequeñas que según el estado de la técnica. Gracias al mejoramiento (llamado también refinado) de nitinol mediante refusión selectiva mediante una radiación de gran energía y una solidificación rápida según el procedimiento de acuerdo con la invención pueden evitarse por completo o disolverse las fases extrañas e inclusiones o pueden dispersarse en una distribución sumamente fina, no molesta, homogéneamente en la estructura. Además, pueden refundirse o alearse por refusión o fabricarse con la invención productos semiacabados macizos, compactos con un gran volumen, consiguiéndose a pesar de ello una velocidad elevada de enfriamiento. La invención ofrece por lo tanto ventajas considerables en comparación con el estado de la técnica.

50 Respecto a las ventajas de la invención, en particular en el caso de nitinol, también se hacen las siguientes indicaciones. La resistencia a la flexión alternante de un material depende de los siguientes parámetros:

- 55 (i) El nivel de carga (dilatación/cizallamiento,
- (ii) Defectos de estructura (faltas de homogeneidad en la estructura/inclusiones, espacios huecos)
- (iii) Y, dado el caso, fatiga por corrosión superpuesta.

60 En caso de una sollicitación a flexión, el máximo de tensión (por la dilatación máxima en la fase marginal) está dispuesta siempre en la superficie. Por consiguiente, la fatiga del material comienza en las zonas marginales. Gracias a un proceso de refusión de acuerdo con la invención de nitinol con una solidificación rápida se disuelven fases secundarias existentes. La composición de la matriz se vuelve por lo tanto más rica en titanio, por lo que aumenta la temperatura de transformación. En el caso de nitinol existe una dependencia característica de la

- temperatura de la “tensión plana” (con cada 1 °C, la tensión aumenta 7 N/mm²). Por un aumento de la temperatura de transformación en una zona marginal cercana a la superficie se consigue por lo tanto una reducción de las tensiones en las fases marginales. Las faltas de homogeneidad de la estructura se disuelven completamente mediante la refusión y la solidificación rápida de acuerdo con la invención. También se cierran los espacios huecos existentes. Las inclusiones que se presentan en el material usado hasta ahora según el estado de la técnica cercanas a la superficie o dispuestas al descubierto, así como los espacios huecos favorecen una fatiga por corrosión por lo electrolitos en los fluidos corporales. En la invención se evitan las inclusiones y se aumenta por lo tanto la resistencia a la corrosión.
- Gracias a una reducción o una disolución o gracias a evitarse las inclusiones de acuerdo con la invención, se evitan los defectos anteriormente descritos, en particular en nitinol. Esto conduce a una mayor resistencia a la fatiga, un mejor comportamiento de fatiga y una mayor resistencia a la corrosión y biocompatibilidad. Por lo tanto, pueden fabricarse con la invención productos semiacabados ventajosos de nitinol, p.ej. para implantes como stents trenzados o alambres guía y conductores flexibles.
- No obstante, la invención no solo puede usarse de forma ventajosa en la producción de nitinol, sino que puede usarse en general para la refusión y/o aleación de refusión de materiales metálicos, para congelar la solubilidad mutua que se presenta en el estado líquido, fundido o a temperatura elevada mediante un proceso de solidificación muy rápido. De este modo es posible la producción de materiales mediante procesos de la metalurgia de fusión que hasta ahora solo pudieron fabricarse de forma costosa mediante procedimientos de la metalurgia de polvos, con un volumen macizo grande.
- Otros ejemplos de aleaciones que con el procedimiento de acuerdo con la invención pueden conseguir una mejora decisiva de la estructura o cuya producción solo es posible gracias a este son las siguientes.
- Pueden fabricarse materiales de mala miscibilidad, en los que deben superarse p.ej. dificultades como la falta de solubilidad o la segregación por densidad. Un ejemplo son materiales de cobre altamente resistentes, como CuNb con una buena conductividad eléctrica y una gran resistencia. Ejemplos de campos de aplicación posibles son imanes de campo intenso, arrollamientos para motores eléctricos, imanes pulsados con una alta densidad de flujo que permiten por lo tanto una alta carga mecánica o husillos de alta frecuencia con grandes fuerzas centrífugas. Por la temperatura de fusión muy elevada y la solubilidad mutua sumamente reducida, el material no puede fabricarse mediante métodos convencionales de fusión. Una posibilidad de fabricación posible según el estado de la técnica consiste en procesos costosos de la metalurgia de polvos mediante aleación mecánica en molinos de bolas y posterior compactación mediante prensas de extrusión. Con la invención es posible una producción mediante la metalurgia de fusión. La temperatura elevada en el capilar de vapor, así como la convección Marangoni conducen a una mezcla homogénea, mientras que la velocidad elevada del enfriamiento brusco conduce a una solución sobresaturada y a precipitaciones finísimas de niobio.
- La aleación de memoria de forma de alta temperatura TiTa exige requisitos estrictos de la tecnología de fusión por el alto punto de fusión de tantalio. Debido a la velocidad de enfriamiento demasiado reducida, en la fusión convencional por haz electrónico se producen faltas de homogeneidad grandes por segregación. Mediante la refusión o aleación con la invención puede conseguirse una buena homogeneidad.
- Otros campos de aplicación de la invención son la disolución de inclusiones, por ejemplo, en aleaciones de cobalto, la disolución de precipitaciones, por ejemplo en aleaciones de magnesio, la disolución de inclusiones en carburo de tungsteno y en aleaciones basadas en cobalto, la aleación de materiales de mala miscibilidad y la aleación en zona flotante de metales reactivos de altos puntos de fusión.
- Puesto que las aleaciones en cuestión son por regla general altamente reactivas, el proceso de refusión se realiza preferentemente bajo gas protector, por ejemplo, gas noble o preferentemente al vacío. La refusión al vacío tiene la ventaja adicional de que se realiza adicionalmente una purificación del material por la desgasificación y la evaporación de impurezas de bajo punto de fusión.
- Los parámetros típicos o preferibles de un procedimiento de acuerdo con la invención y de un dispositivo correspondiente son los siguientes. El diámetro del foco de la radiación en el material y el diámetro del capilar de fusión en el material son de 0,1 mm a 10 mm, preferentemente de 0,1 mm a 4 mm y de forma especialmente preferible de 0,2 mm a 2 mm. La profundidad del capilar de vapor en el material es de 1 mm a 400 mm. La energía consumida por tramo puede estar situada habitualmente en el intervalo de 5-1000 J/mm, en función de la velocidad de desplazamiento, de la profundidad de refusión y del material. La intensidad de la radiación puede ser por ejemplo de 0,1 kW/mm² a 25 kW/mm² o más, también en función de la velocidad de desplazamiento, la profundidad de refusión y el material. La velocidad de desplazamiento está situada en el intervalo de 2 mm/s a 500 mm/s. La velocidad de enfriamiento del material procesado puede controlarse mediante los parámetros de la radiación, la velocidad de desplazamiento y la disipación de calor o el enfriamiento. Gracias a ello, la velocidad de enfriamiento está situada en el intervalo de 10²-10⁵ K/s, preferentemente de 10³ K/s. La velocidad de refusión o la velocidad de solidificación del material procesado, es decir, la velocidad de desplazamiento con la que puede ser empujado al exterior de un dispositivo de sujeción refrigerado en un proceso continuo, puede estar situada según la

conductividad térmica y la zona de solidificación del material a refundir en el intervalo de 1 mm/s a 10 m/s. El diámetro exterior de las barras y tubos procesados puede estar situado en el intervalo de 1 mm a 200 mm o más, permaneciendo en el caso de barras gruesas dado el caso un núcleo no refundido. El espesor de pared de tubos puede estar situado en el intervalo de 0,2 mm a 100 mm o más, preferentemente puede ser superior a 1 mm. Los bulones que se procesan en su lado frontal pueden tener una altura de aproximadamente 400 mm, con un diámetro de 2 mm a 250 mm, preferentemente superior a 10 mm, y de forma especialmente preferible superior a 20 mm. El espesor de placas y bandas procesadas puede elegirse casi libremente, siendo habitualmente de 1 mm a 5 mm o hasta 20 mm y siendo su anchura medida en la dirección de la radiación o en la dirección transversal respecto a esta de 1 mm a 400 mm o eventualmente superior.

En un ejemplo de aplicación típico, el nitinol se ha refundido con un haz electrónico con una energía de 5 kW con un tamaño de foco de 1 mm², una profundidad del capilar de fusión de 3 mm y una velocidad de desplazamiento de 50 mm/s.

La invención se explicará a continuación más detalladamente con ayuda de ejemplos de realización representados en las Figuras. Las particularidades allí descritas pueden usarse individualmente o unas en combinación con otras, para crear configuraciones preferibles de la invención. Piezas iguales o piezas que tienen la misma función se designan en las diferentes Figuras con los mismos signos de referencia y habitualmente se describen solo una vez, aunque puedan usarse de forma ventajosa en otras formas de realización. Muestran:

La Figura 1 un procedimiento de acuerdo con la invención en un tubo con refrigeración interior y haz vertical.

La Figura 2 un procedimiento de acuerdo con la invención en un tubo con refrigeración exterior y haz vertical.

La Figura 3 un procedimiento de acuerdo con la invención en un tubo con refrigeración interior y exterior y haz vertical.

La Figura 4 un procedimiento de acuerdo con la invención en un tubo con refrigeración exterior y haz oblicuo.

La Figura 5 un procedimiento de acuerdo con la invención en una barra con refrigeración exterior y haz oblicuo.

La Figura 6 un procedimiento de acuerdo con la invención en un tubo con refrigeración interior y exterior y haz oblicuo.

La Figura 7 la Figura 6 al principio del procesamiento.

La Figura 8 la Figura 6 al final del procesamiento.

La Figura 9 una vista de la Figura 8.

La Figura 10 procedimientos de acuerdo con la invención en una placa.

La Figura 11 una variante de un procedimiento de acuerdo con la invención en una placa.

La Figura 12 un procedimiento de acuerdo con la invención en un bulón con refrigeración exterior.

La Figura 13 un procedimiento de acuerdo con la invención en un bulón con refrigeración exterior e interior.

La Figura 1 muestra un procedimiento de acuerdo con la invención para fabricar productos semiacabados metálicos mediante la refusión de un material metálico 1 en forma de un tubo. El material se funde de forma selectiva y local en un capilar de fusión 3 en el volumen del material mediante una radiación enfocada de gran energía 2, realizándose la disipación de calor que procede del capilar de fusión 3 mediante el volumen del material no refundido, frío, adyacente al capilar de fusión 3. Simultáneamente con la fusión del material 1 mediante la radiación enfocada 2, el volumen del material es enfriado mediante un disipador térmico 4 para disipar el calor que es cedido por el capilar de fusión 3 al volumen del material, estando acoplado el disipador térmico 4 con al menos una parte de al menos una superficie del volumen del material con una buena conductividad térmica y refrigerándose el disipador térmico 4 mediante un líquido refrigerante 5.

La Figura 1 muestra un ejemplo en el que un material en forma de tubo 1 es procesado como producto semiacabado de partida, usándose como disipador térmico 4 para el material en forma de tubo 1 un tubo hecho de un material altamente termoconductor, por el que fluye un líquido refrigerante 5. El disipador térmico 4 está realizado como tubo apretado desde el interior contra el material 1, de una buena conductividad térmica.

En el ejemplo de la Figura 1, el disipador térmico 4 es un tubo interior de un material con una buena conductividad térmica, que se ha introducido en el material 1 y por el que fluye un líquido refrigerante. El establecimiento de contacto sin rendija del tubo interior con el material 1 puede conseguirse por ejemplo mediante ensanchamiento del tubo interior, favoreciendo las tensiones por contracción que se producen durante la refusión del material 1 adicionalmente el contacto con el disipador térmico 4. El tubo interior refrigerado mediante un líquido 5 que se hace pasar por el mismo actúa por un lado para la disipación directa de calor e impide por otro lado un hundimiento de la masa fundida durante el procesamiento. El disipador térmico 4 está acoplado por lo tanto con el volumen del material con una buena conductividad térmica en un punto del volumen del material que está situado cerca del foco 6 de la radiación enfocada 2 en el material o cerca del capilar de fusión en el material.

En el caso de productos semiacabados de partida con simetría rotacional (bulón, barra, alambre), el disipador térmico está formado p.ej. por unas pinzas de sujeción. En el caso de cuerpos huecos con simetría rotacional, la disipación de calor puede conseguirse tanto mediante un disipador térmico dispuesto en el exterior como con uno dispuesto en el interior. El disipador térmico dispuesto en el interior puede estar hecho de material macizo, disipándose el calor mediante un plato de sujeción refrigerado. También es posible que un líquido refrigerante fluya

directamente por el disipador térmico. El calor aportado al disipador térmico se disipa mediante un circuito de refrigeración externo.

En el caso de materiales en forma de tubos cortos, en el agujero del núcleo del material puede introducirse como disipador térmico en lugar del tubo interior refrigerado una barra de refrigeración, p.ej. una barra de cobre, disipándose el calor absorbido por la sujeción de la barra de refrigeración en un dispositivo de sujeción refrigerado. El disipador térmico está formado en este caso por la cooperación de la barra de refrigeración con el dispositivo de sujeción. En el caso de materiales en forma de tubos más largos, se introduce preferentemente un tubo de cobre como disipador térmico en el tubo de partida a refundir, por que el que fluye directamente el líquido refrigerante.

Para la fusión del volumen del material del material 1 que envuelve el capilar de fusión 3, el foco 6 de la radiación enfocada 2 se desplaza por encima del material 2 o el capilar de fusión 3 se desplaza a través del material 1, desplazándose el foco 6 de la radiación enfocada de gran energía 2 y el material irradiado 1 de tal modo uno respecto al otro que el foco 6 pasa por encima de la superficie deseada. La zona ya refundida del material 1 está representada con una línea de trazo interrumpido. El material 1 se refunde hasta una profundidad que corresponde a la extensión de profundidad del capilar de fusión 3. Esto puede ser todo el espesor de material del material 1, aquí el espesor de pared del tubo, o una parte del espesor de material del material 1.

La Figura 2 muestra en una vista en corte longitudinal de un dispositivo de acuerdo con la invención la realización de un ejemplo modificado de un procedimiento de acuerdo con la invención, en el que se procesa como producto semiacabado de partida un material 1 en forma de barra, de barra redonda, de alambre, de bulón o de tubo, concretamente un tubo con refrigeración exterior. Como disipador térmico se usa aquí un dispositivo de sujeción 7 que envuelve el producto semiacabado de partida, p.ej. unas pinzas de sujeción o un plato de sujeción de un material altamente termoconductor, en el que se sujeta el producto semiacabado de partida. Correspondientemente, también podría sujetarse una barra redonda en el dispositivo de sujeción 7 y podría procesarse mediante su superficie lateral con la radiación 2. Para conseguir una buena capacidad de refrigeración, el dispositivo de sujeción 7 está realizado con ajuste positivo respecto al producto semiacabado de partida y se aprieta mediante una segmentación sin rendija contra el producto semiacabado de partida.

El dispositivo de sujeción 7 se enfría mediante un líquido refrigerante, que fluye por canales de refrigeración 8 fijados en el dispositivo de sujeción. Para conseguir la mejor refrigeración posible del capilar de fusión 3 en el material 1, el foco 6 de la radiación 2 está situado en la camisa del producto semiacabado de partida, directamente al lado del dispositivo de sujeción 7, de modo que el procesamiento, es decir, la refusión, del material 1 se realiza directamente en la transición del material 1 al dispositivo de sujeción 7 refrigerado.

La Figura 3 muestra una combinación de las formas de realización de las Figuras 1 y 2, es decir, un material en forma de tubo 1, que se refrigera tanto con una refrigeración interior de acuerdo con la Figura 1 como una refrigeración exterior de acuerdo con la Figura 2, para conseguir una velocidad de enfriamiento especialmente elevada. La combinación de un disipador térmico interior 4 con un disipador térmico exterior 4 también puede ser ventajoso en el caso de diámetros o espesores de pared especialmente grandes del material 1. Durante la refusión de cuerpos en forma de tubos puede disiparse mediante un disipador térmico dispuesto en el interior en forma de un tubo interior que asienta de forma ceñida o de una barra interior adicionalmente al dispositivo de sujeción calor del material procesado 1.

En los ejemplos de realización de las Figuras 2 y 3, el producto semiacabado de partida se extrae o se empuja al exterior del dispositivo de sujeción 7 durante el procesamiento con la radiación 2 en la dirección axial del producto semiacabado de partida, es decir, en una dirección de avance 9. El dispositivo de sujeción 7 está realizado de forma correspondiente para ello. Además, según una forma de realización preferible, el producto semiacabado de partida se hace girar durante el procesamiento con la radiación 2 alrededor de su eje longitudinal y el dispositivo de sujeción está realizado de forma correspondiente para ello, para que el foco 3 de la radiación 2 pueda pasar por la camisa del material 1. El material sale por lo tanto de forma helicoidal del dispositivo de sujeción 7 y se refunde al mismo tiempo.

Gracias al movimiento rotatorio del producto semiacabado de partida y su avance axial simultáneo saliendo del dispositivo de sujeción 7, el volumen del material puede ser refundido gracias a una trayectoria en espiral del foco 6 en el material 1 generada por rotaciones o gracias a una yuxtaposición solapada de trayectorias que se extienden en la dirección axial, al igual que en una forma de realización de acuerdo con la Figura 1. Para aumentar la velocidad de enfriamiento, pueden yuxtaponerse trayectorias en espiral desplazadas en cuanto al tiempo o al lugar. Otro aumento de la velocidad de enfriamiento puede realizarse mediante una refusión no solapada en varias espirales, que se suceden de forma desplazada en el tiempo después de un determinado tiempo de relajación térmica. Esto puede realizarse tanto tras el acabado de la primera especial en otra pasada o también mediante división de haces con varios capilares de fusión 3.

En los ejemplos de realización de las Figuras 1 a 3, el ángulo de incidencia β de la radiación 2 en el producto semiacabado de partida es aproximadamente de 90° respecto al eje longitudinal del producto semiacabado de partida. Una variante de esto se muestra la Figura 4, que por lo demás corresponde a la Figura 2. En la Figura 4, el

ángulo de incidencia β de la radiación 2 en el producto semiacabado de partida es aproximadamente de 10° respecto a la dirección axial, en la que el producto semiacabado de partida sobresale del dispositivo de sujeción 7. En general, el ángulo de incidencia β puede estar situado entre 0° y 90° . Cuanto más pequeño sea el ángulo de incidencia β tanto más se favorece el objetivo de conseguir una velocidad más elevada de enfriamiento en el material 1 gracias al disipador térmico 4, puesto que el capilar de fusión 3 realizado por la radiación 2 en el material 1 se asoma hasta llegar por debajo del dispositivo de sujeción 7 al interior del dispositivo de sujeción 7, llegando por lo tanto más cerca del disipador térmico 4.

La Figura 5 muestra una forma de realización que corresponde a la Figura 4, no siendo el material procesado 1 un tubo sino una barra, a diferencia de lo que se muestra en la Figura 4. La barra se empuja al exterior de dispositivo de sujeción 7 rotando alrededor de su eje longitudinal. La zona ya refundida está dibujada aquí con una línea de trazo interrumpido. Permanece una zona de núcleo no refundida en la barra, que posteriormente puede cortarse.

La Figura 6 muestra una forma de realización que corresponde a la Figura 5, no siendo el material procesado 1 una barra sino un tubo, a diferencia de lo que se muestra en la Figura 5, presentando este tubo adicionalmente una refrigeración interior de acuerdo con la Figura 3. El tubo se empuja al exterior del dispositivo de sujeción 7 rotando alrededor de su eje longitudinal. La zona ya refundida está representada con una línea de trazo interrumpido. En la Figura 6 no solo se muestra el ángulo de incidencia β de 10° , sino también con una línea de trazo interrumpido un ángulo de incidencia de 90° .

La Figura 7 muestra un corte más largo en comparación con la Figura 6 al principio del procesamiento y la Figura 8 un corte más largo en comparación con la Figura 6 al final del procesamiento del material 1 con la radiación. Se puede ver bien como el material en forma de tubo 1 se empuja en una dirección de avance 9 por el dispositivo de sujeción 7 realizando una rotación y refundiéndose al mismo tiempo mediante la radiación 2 en su superficie lateral, siendo refrigerado por el dispositivo de sujeción 7 por el que fluye un líquido refrigerante 5 en canales de refrigeración 8, y por el tubo interior por el que fluye un líquido refrigerante 5.

La Figura 9 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de sujeción 7 de la Figura 8, en la que pueden verse especialmente bien los canales de refrigeración 8 realizados en el dispositivo de sujeción 7 para el líquido refrigerante 5 y la segmentación del dispositivo de sujeción 7, que permite un apriete sin rendija contra la camisa del material 1.

La Figura 10 muestra un procedimiento de acuerdo con la invención en el que se procesa un material en forma de placa o de banda 1 como producto semiacabado de partida, usándose como disipador térmico 4 placas de sujeción 10 opuestas de un material altamente termoconductor de un dispositivo de retención entre las que el producto semiacabado de partida se sujeta o se hace pasar bajo presión, procesándose el producto semiacabado de partida mediante un capilar de fusión 3 realizado entre las placas de sujeción 10, que se desplaza en la dirección longitudinal del producto semiacabado de partida a través del producto semiacabado de partida. El capilar de fusión 3 puede desplazarse adicionalmente también en la dirección transversal respecto a la dirección longitudinal del producto semiacabado de partida a través del producto semiacabado de partida. Las placas de sujeción 10 están dispuestas preferentemente en la dirección vertical y el haz llega desde arriba. La profundidad del capilar de fusión 3 corresponde con preferencia aproximadamente a la altura de las placas de sujeción 10, para que el producto semiacabado de partida pueda ser procesado a lo largo de toda su sección transversal.

En la Figura 10 están representadas en una vista en corte de un dispositivo de acuerdo con la invención etapas sucesivas del procedimiento (a) a (f). En la etapa (a), el producto semiacabado de partida a refundir, p.ej. una tabla/placa o una banda se coloca entre dos placas de sujeción 10 opuestas, que están provistas de canales de refrigeración 8 por los que fluye un líquido refrigerante, y en la etapa (b) queda sujetado bajo presión entre las placas de sujeción 10 colocadas en el producto semiacabado de partida. A continuación, se realiza en la etapa (c) la refusión con una radiación enfocada de gran energía 2, que actúa sobre la superficie frontal lateral del producto semiacabado de partida y forma en este un capilar de fusión 3. Por la buena refrigeración por estar envuelto el capilar de fusión 3 por material refrigerante, es decir, el material procesado 1 propiamente dicho y la buena refrigeración del material 1 mediante las placas de sujeción 10 refrigeradas que sirven de disipador térmico 4, el material 1 se somete a un enfriamiento brusco. No obstante, también es posible no sujetar la placa fijamente entre las placas de sujeción 10, sino hacerla pasar como banda en un proceso continuo en una dirección de avance, que está situada preferentemente en la dirección transversal respecto a la dirección de incidencia de la radiación 2 entre las placas de sujeción 10 asentadas contra la banda y refundirla durante este proceso.

El producto semiacabado de partida se refunde en una línea de desplazamiento del foco 6 de la radiación 2 en el producto semiacabado de partida o, en particular en caso de un espesor más grande del producto semiacabado de partida, en varias líneas de desplazamiento del foco 6 mediante un capilar de fusión 3 colocado de canto. Si se usa solo una línea de desplazamiento recta única del foco 6, el espesor del material 1 es solo un poco más grande que el diámetro del capilar de fusión 3. En caso de usarse líneas de desplazamiento sucesivas del foco 6, el capilar de fusión 3 se hace pasar repetidas veces por el producto semiacabado de partida, hasta que esté procesada la parte deseada del producto semiacabado de partida. El ojo de cerradura generado por la radiación 2 penetra el producto semiacabado en forma de un capilar de fusión 3, que se hace pasar por ejemplo en la dirección longitudinal a través

del producto semiacabado. Este proceso se repite con una línea de desplazamiento desplazada del foco 6 tantas veces hasta que casi todo el producto semiacabado esté refundido. La solapadura de las costuras de una línea de desplazamiento a la siguiente puede estar situada aquí por ejemplo entre el 10 % y el 90 % de la anchura de una línea, es decir, del diámetro del foco 6 de la radiación 2. Entre las diferentes etapas de refusión puede intercalarse en caso necesario una pausa para la disipación completa del calor al disipador térmico 4. La velocidad de desplazamiento del foco 6 puede variarse según la velocidad de enfriamiento pretendida por ejemplo entre 0,1 m/min. y 20 m/min. Aquí se consiguen velocidades de enfriamiento de hasta más de 10^4 K/s.

Después de la etapa (c), puede haberse acabado el procesamiento del producto semiacabado de partida. Si el espesor del material procesado 1 es suficiente, no se necesitan las otras etapas (d) a (f). En lugar de ello, se puede reparar fresando o rectificando el producto semiacabado refundido macizo así producido en una etapa de trabajo no representada para eliminar la zona no refundida.

Si en cambio no es suficiente el espesor del material procesado 1 de la etapa (c), pueden realizarse a continuación las etapas (d) a (f), en las que se repiten las etapas (a) a (c) una o varias veces, para fabricar paso a paso un producto semiacabado macizo de un espesor a elegir libremente con un estado de estructura continuamente subenfriado. En la etapa (d), la placa refundida obtenida en la etapa (c) se sujeta con otra placa asentada contra la misma de un material 1 aún no refundido entre las placas de sujeción 10 y se refunde mediante la radiación 2. La anchura de la solapadura de la zona nuevamente refundida en la placa ya refundida del procesamiento anterior puede estar situada por ejemplo entre el 10 % y el 90 % de la anchura de la placa nuevamente añadida, preferentemente entre $1/3$ y $2/3$ de la anchura de la placa nuevamente añadida. La anchura de la solapadura y el espesor de la placa se ven en la misma dirección, es decir, en la dirección transversal respecto a la dirección de la radiación 2. Es decir, después del procesamiento de un primer producto semiacabado de partida se sujeta un segundo producto semiacabado de partida similar al primer producto semiacabado de partida del mismo material 1 al lado del primer producto semiacabado ya procesado entre las placas de sujeción 10 y el producto semiacabado de partida en forma de capas así formado se procesa con un capilar de fusión 3. De forma opcional, este proceso se repite una o varias veces, hasta haberse producido un material procesado 1 del espesor deseado. En la repetición se usa respectivamente una última placa procesada como nueva primera placa y se coloca al lado otra placa que se refunde de este modo.

La etapa (d) puede repetirse tantas veces como se desee. En la etapa (e) está representada una etapa intermedia, en la que se coloca en un bloque 11 formado anteriormente por cuatro placas unidas sucesivamente entre sí una quinta placa de un material aún no refundido y se refunde de forma solapada con el bloque 11 ya refundido. Al final, tras haberse repetido tantas veces como se desee la etapa (d), se obtiene así un bloque 11 con el espesor deseado, como está representado en la etapa (f). De este modo puede formarse mediante refusión sucesiva, paso a paso, un producto semiacabado macizo, con un espesor a elegir libremente, que se ha solidificado con un gran subenfriamiento. La capa marginal no refundida alrededor del cuerpo del producto semiacabado puede eliminarse mediante un repaso fresando por todos los lados y el producto semiacabado así producido puede usarse en esta forma o puede someterse a un procesamiento posterior en procesos convencionales de conformación para obtener el producto final.

La Figura 11 muestra una variante del procedimiento de la Figura 10 en una placa, en la que un producto semiacabado se sujeta entre las placas de sujeción 10 y se procesa, estando formado este producto semiacabado por una disposición por capas de productos semiacabados dispuestos unos al lado de otros de materiales diferentes. El procedimiento de acuerdo con la Figura 10 puede modificarse para fabricar aleaciones novedosas de tal modo que además de una optimización de la estructura se realiza mediante la refusión simultáneamente una aleación de refusión con otros elementos, unida a una solidificación rápida y un gran subenfriamiento de la masa fundida.

Para ello se disponen varias chapas finas de metales puros, aleaciones de metales o compuestos de materiales diferentes, unas al lado de otras por capas y se unen mediante un capilar de fusión 3 entre sí aleándose al mismo tiempo. En el ejemplo de la etapa (a) se coloca entre dos materiales de partida A del mismo tipo en forma de placas una lámina intermedia de otro material de partida B y en la etapa (b) se refunden de forma conjunta mediante un capilar de fusión 3, aleándose durante este proceso para obtener un material modificado. Para una mezcla homogénea de los componentes puede ser ventajosa una fusión repetida o una radiación oblicua con ángulos alternantes. El procedimiento mostrado en la Figura 10 puede modificarse por lo tanto de acuerdo con la Figura 11 para fabricar aleaciones, disponiéndose por capas en el estado de partida diferentes materiales. Gracias al uso de diferentes espesores de partida de cada material pueden ajustarse así aleaciones y estados de la estructura que no pueden fabricarse en procedimientos convencionales de fusión. De este modo es posible fabricar aleaciones metálicas que hasta ahora no se han podido fabricar en una forma de producto semiacabado macizo.

En la Figura 11 se muestra en la etapa (c) como de forma análoga a la Figura 10 puede repetirse el proceso hasta que se haya formado un bloque 11 en capas de un producto semiacabado macizo de un gran espesor de la aleación con un espesor deseado a elegir libremente, mostrándose este producto semiacabado en la etapa (d). La formación por capas, paso a paso, permite una velocidad muy elevada de enfriamiento, también a lo largo de secciones transversales grandes de componentes.

Las Figuras 12 y 13 muestran en vistas frontales de dispositivos de acuerdo con la invención correspondientes procedimientos de acuerdo con la invención, en los que se procesa un material en forma de bulón como producto semiacabado de partida, usándose como disipador térmico 4 una camisa de refrigeración 13 que envuelve el bulón en su superficie lateral de un material altamente termoconductor, desplazándose el foco de la radiación a lo largo del lado frontal del producto semiacabado de partida. La Figura 12 muestra la refusión de un bulón 12 mediante un capilar de fusión generado por radiación enfocada con enfriamiento y la Figura 13 la refusión de un bulón 12 perforado que presenta simultáneamente una refrigeración exterior e interior. La altura del bulón puede ser por ejemplo de 400 mm, el diámetro puede ser de 5 mm a 200 mm. El bulón 12 refundido puede procesarse mediante una conformación posterior para obtenerse un producto o producto semiacabado, p.ej. mediante extrusión, forjado y otros procesos de conformación sin arranque de virutas, como laminado y estirado. El bulón 12 refundido puede usarse por ejemplo como producto semiacabado de partida para una posterior conformación por extrusión de una fabricación de alambre.

Por bulón 12 o material en forma de bulón se entiende aquí una forma cilíndrica de un material de partida. Como material en forma de bulón puede usarse un material de partida que está formado por un material macizo, un cuerpo arrollado de bandas o láminas arrolladas o por capas compuestas de manguitos para tubos. El material en forma de bulón puede estar realizado con un volumen macizo (Figura 12) o con una perforación axial (Figura 13). Si se pretende alcanzar una velocidad especialmente elevada del enfriamiento puede usarse un material en forma de bulón, que presenta como disipador térmico un mandril 14 refrigerado (Figura 13), es decir, un disipador térmico 4 en forma de un tubo interior de un material altamente termoconductor, que es refrigerado por un líquido refrigerante, preferentemente por que este fluye por el mismo.

Para conseguir una disipación eficaz del calor de fusión del material 1, el producto semiacabado de partida en forma de bulón está envuelto o rodeado por un material altamente termoconductor, como por ejemplo cobre, que sirve de disipador térmico 4. Para conseguir una buena disipación de calor del material 1 a la camisa de refrigeración 13, el bulón 12 cilíndrico está empotrado en una camisa de refrigeración 13 de cobre, por ejemplo, mediante introducción del bulón 12 a presión en la camisa de refrigeración 13 o mediante colada de la camisa de refrigeración 13 alrededor del bulón. La camisa de refrigeración 13 puede fabricarse mediante colada alrededor del material 1 a refundir, asentando el mismo gracias a la contracción en la solidificación bajo grandes esfuerzos de tracción sin rendija contra la camisa de refrigeración 12. En la camisa de refrigeración 13 pueden realizarse canales de refrigeración 8 para hacer pasar un líquido refrigerante. Los canales de refrigeración 8 también pueden realizarse porque el material de la camisa de refrigeración 13 es colado alrededor de un serpentín refrigerante en forma de tubo preformado.

La dirección de incidencia de la radiación enfocada se extiende en la dirección axial del bulón 12, es decir, en ángulo recto respecto al lado frontal del bulón 12. El foco de la radiación se desplaza por ejemplo en líneas de desplazamiento 15 en forma de círculo o de espiral a lo largo del lado frontal del bulón 12, por lo que el bulón 12 es refundido por el capilar de fusión que queda realizado en el mismo y que se desplaza, quedando enfriado rápidamente gracias al disipador térmico refrigerado. La radiación puede actuar de forma continua o puede ser interrumpida por pausas de enfriamiento.

El procedimiento mostrado en las Figuras 12 y 13 no solo puede usarse para la refusión de un material 1, sino también para la formación de aleaciones a partir de materiales de partida. Para ello, se forma un bulón 12 de diferentes materiales dispuestos por capas, que se refunden de forma solapada aleándose al mismo tiempo. Un bulón 12 compuesto cilíndrico de este tipo puede estar compuesto por ejemplo por capas insertadas unas en otras de tubos o manguitos para tubos de diferentes metales o aleaciones de metales o puede estar compuesto para una mejor homogeneización también por un cuerpo arrollado de láminas metálicas dispuestas en capas, y someterse a continuación a una refusión y aleación. Mediante arrollamiento en un mandril de cobre 14 refrigerado puede disiparse adicionalmente calor de fusión hacia el interior.

50 Lista de signos de referencia

- 1 Material
- 2 Radiación enfocada
- 3 Capilar de fusión
- 4 Disipador térmico
- 5 Líquido refrigerante
- 6 Foco
- 7 Dispositivo de sujeción
- 8 Canal de refrigeración
- 9 Dirección de avance
- 10 Placa de sujeción
- 11 Bloque
- 12 Bulón
- 13 Camisa de enfriamiento
- 14 Mandril
- 15 Línea de desplazamiento

B Ángulo de incidencia
A Material A
B Material B

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar productos semiacabados metálicos mediante refusión y/o aleación de refusión de materiales metálicos (1), realizándose la solidificación de la masa fundida mediante un dispositivo de refrigeración con una velocidad elevada de enfriamiento,
5 **caracterizado por que**
el material (1) se funde de forma selectiva y local en un capilar de fusión (3) en el volumen del material mediante una radiación enfocada de gran energía (2),
10 la disipación de calor que procede del capilar de fusión (3) se realiza mediante el volumen del material no refundido, frío, adyacente al capilar de fusión (3),
simultáneamente con la fusión del material (1) mediante la radiación enfocada (2) el volumen del material es enfriado mediante al menos un disipador térmico (4) para disipar el calor que es cedido por el capilar de fusión (3) al volumen del material,
15 estando acoplado el disipador térmico (4) a al menos una parte de al menos una superficie del volumen del material con una buena conductividad térmica y refrigerándose el disipador térmico (4) mediante un líquido refrigerante (5),
el disipador térmico (4) está acoplado al volumen del material con una buena conductividad térmica en un punto del volumen del material que está situado cerca del foco (6) de la radiación enfocada (2) en el material (1) o cerca del capilar de fusión (3) en el material (1), y para la fusión del volumen del material del material (1) que envuelve el capilar de fusión (3) el foco (6) de la radiación enfocada (2) se desplaza por encima del material (1) o el capilar de fusión (3) se desplaza a través del material (1), desplazándose el foco (6) de la radiación enfocada de gran energía (2) y el material irradiado (1) de tal modo uno respecto al otro que el foco (6) pasa por encima de la superficie deseada.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** como radiación enfocada de gran energía (2) se usa un haz electrónico, un haz de láser, un haz iónico o un haz de plasma.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se procesa como producto semiacabado de partida un material en forma de placa, de banda, de barra, de barra redonda, de alambre, de bulón o de tubo (1), es decir, se somete a una refusión y/o una aleación de refusión.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se procesa un material (1) de nitinol, es decir, se somete a una refusión y/o una aleación de refusión.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se usa un disipador térmico (4), que está realizado solo como refrigeración por gas o por líquido.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** se usa un disipador térmico (4) que está hecho de un material macizo de una buena conductividad térmica, en particular de cobre o de plata.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado por que** se usa un disipador térmico (4) que está realizado como dispositivo de retención o de sujeción separado, externo (7), que establece desde el exterior contacto con la superficie del material procesado (1).
8. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado por que** se usa un disipador térmico (4) que está moldeado en el material procesado (1).
9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** como disipador térmico (4) moldeado en el material procesado (1) se usa una camisa de refrigeración (13) formada por un tubo o un núcleo de refrigeración formado por un núcleo o un tubo.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se procesa como producto semiacabado de partida un material en forma de barra, de barra redonda, de alambre, de bulón o de tubo (1).
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** se procesa como producto semiacabado de partida un material en forma de tubo (1), usándose como disipador térmico (4) para el material en forma de tubo (1) un tubo hecho de un material altamente termoconductor, por el que fluye un líquido refrigerante (5).
12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** como disipador térmico (4) se usa un dispositivo de sujeción (7) de un material altamente termoconductor que envuelve el producto semiacabado de partida, sujetándose el producto semiacabado de partida en el mismo.
13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** el producto semiacabado de partida es extraído o empujado al exterior del dispositivo de sujeción (7), durante el procesamiento con la radiación (2), en la

dirección axial del producto semiacabado de partida.

- 5 14. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado por que** el producto semiacabado de partida es girado alrededor de su eje longitudinal durante el procesamiento con la radiación (2).
- 10 15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** se procesa un material en forma de placa o de banda (1) como producto semiacabado de partida, usándose como disipador térmico (4) placas de sujeción (10) opuestas de un material altamente termoconductor de un dispositivo de retención, entre las que el producto semiacabado de partida se sujeta o se hace pasar bajo presión, procesándose el producto semiacabado de partida mediante un capilar de fusión (3) realizado entre las placas de sujeción (10), que se desplaza en la dirección longitudinal del producto semiacabado de partida a través del producto semiacabado de partida.
- 15 16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por que** después del procesamiento de un primer producto semiacabado de partida se sujeta un segundo producto semiacabado de partida, similar al primer producto semiacabado de partida, del mismo material (1) al lado del primer producto semiacabado ya procesado entre las placas de sujeción (10) y el producto semiacabado de partida en forma de capas así formado se procesa con un capilar de fusión (3).
- 20 17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado por que** un producto semiacabado de partida es sujetado y procesado entre las placas de sujeción (10), estando formado el producto semiacabado de partida por una disposición por capas de productos semiacabados de partida dispuestos unos al lado de otros de materiales diferentes.
- 25 18. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado por que** se procesa un material en forma de bulón (1) como producto semiacabado de partida, usándose como disipador térmico (4) una camisa de refrigeración (13) que envuelve el bulón en su superficie lateral de un material altamente termoconductor, conduciéndose el foco (6) de la radiación (2) a lo largo del lado frontal del producto semiacabado de partida.
- 30 19. Dispositivo para fabricar productos semiacabados metálicos mediante refusión y/o aleación de refusión de materiales metálicos (1), realizándose la solidificación de la masa fundida mediante un dispositivo de refrigeración con una velocidad elevada de enfriamiento,
caracterizado por que
- 35 presenta un dispositivo de radiación para generar una radiación enfocada de gran energía (2), que está realizado para la fusión local selectiva del material (1) en un capilar de fusión (3) en el volumen del material, realizándose la disipación del calor que procede del capilar de fusión (3) mediante el volumen del material no refundido, frío, adyacente al capilar de fusión (3),
- 40 presenta un dispositivo de refrigeración para refrigerar al menos un disipador térmico (4) que está realizado para disipar el calor que es cedido por el capilar de fusión (3) al volumen del material mediante enfriamiento del volumen del material mediante el disipador térmico (4), mientras que se funde simultáneamente el material (1) mediante la radiación enfocada (2),
- 45 pudiendo acoplarse el disipador térmico (4) a al menos una parte de al menos una superficie del volumen del material con una buena conductividad térmica y pudiendo refrigerarse el disipador térmico (4) mediante un líquido refrigerante (5),
- 50 pudiendo acoplarse el disipador térmico (4) al volumen del material con una buena conductividad térmica en un punto del volumen del material que está situado cerca del foco (6) de la radiación enfocada (2) en el material (1) o cerca del capilar de fusión (3) en el material (1),
y que está realizado de tal modo que para la fusión del volumen del material del material (1) que envuelve el capilar de fusión (3), el foco (6) de la radiación enfocada (2) puede desplazarse por encima del material (1) o el capilar de fusión (3) puede desplazarse a través del material (1), pudiendo desplazarse el foco (6) de la radiación enfocada de gran energía (2) y el material irradiado (1) de tal modo uno respecto al otro que el foco (6) pasa por encima de la superficie deseada.

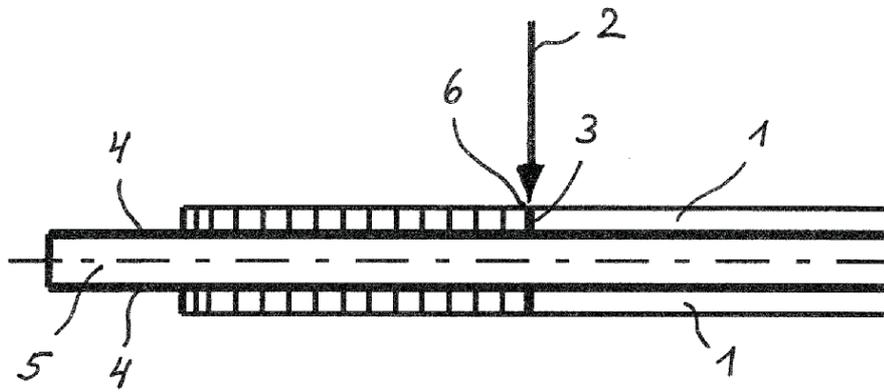


Fig. 1

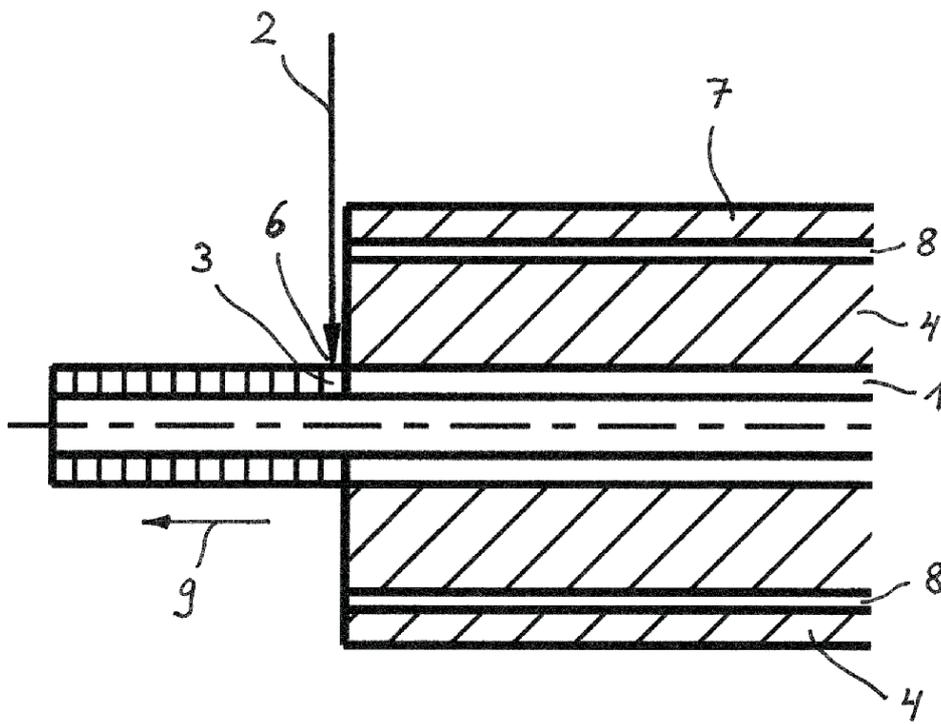


Fig. 2

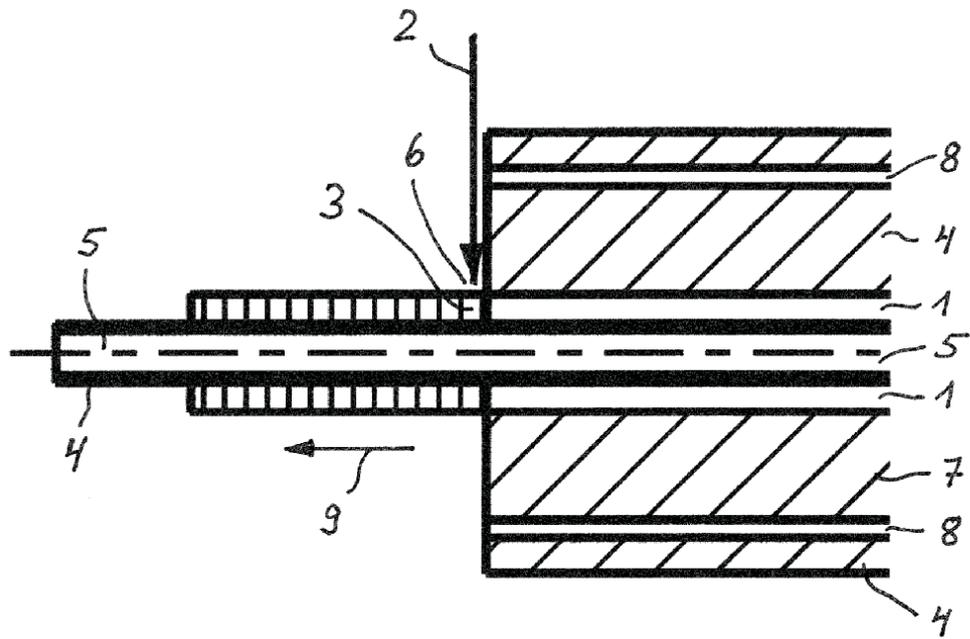


Fig. 3

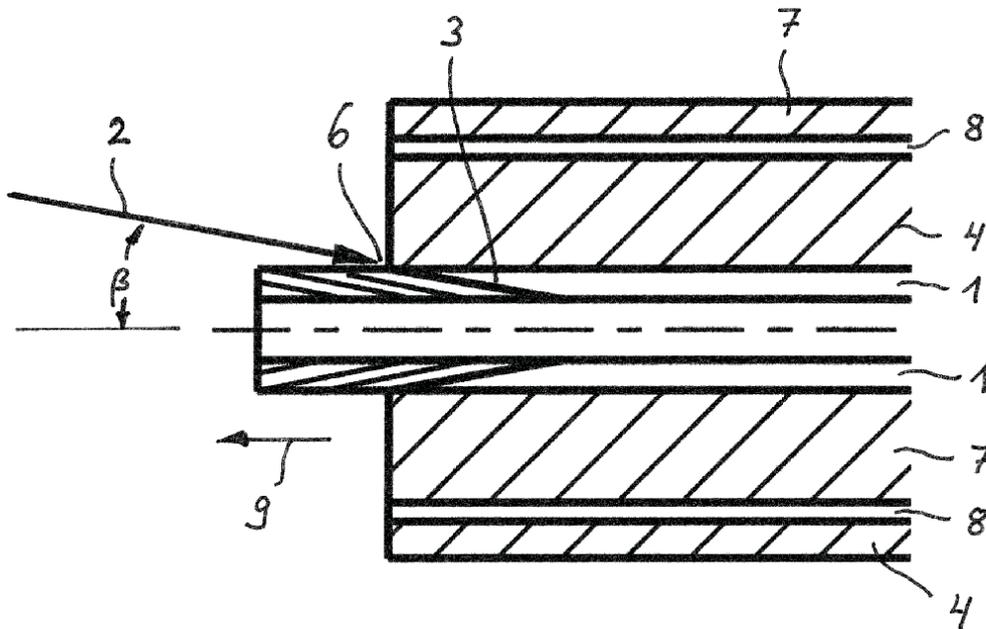


Fig. 4

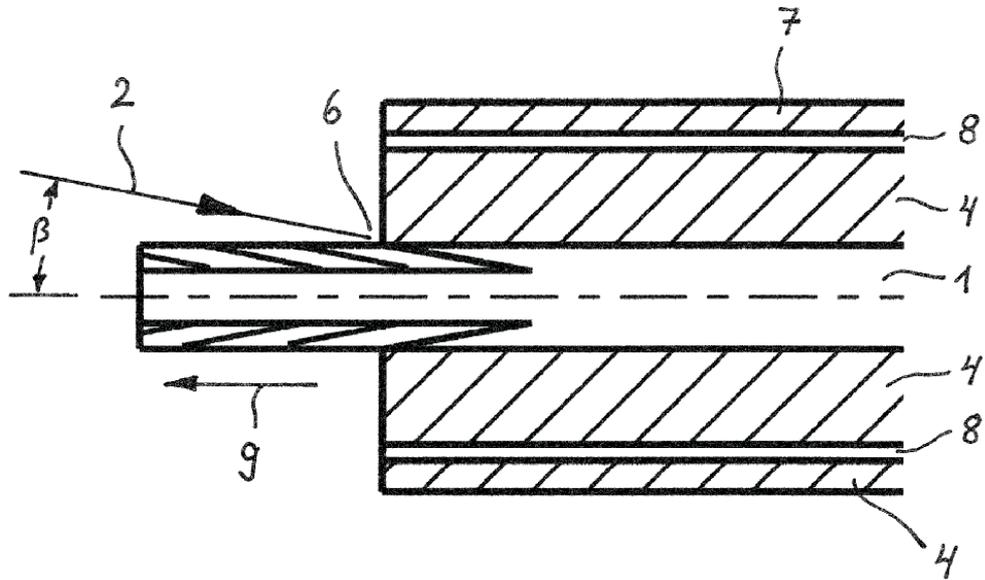


Fig. 5

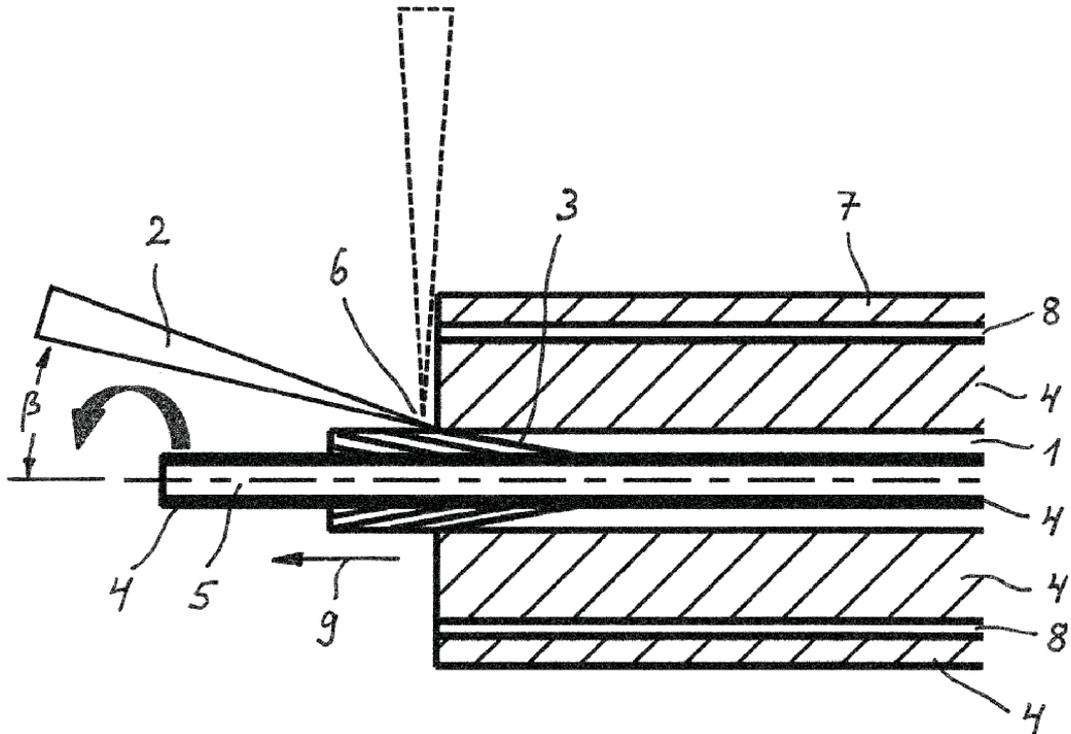


Fig. 6

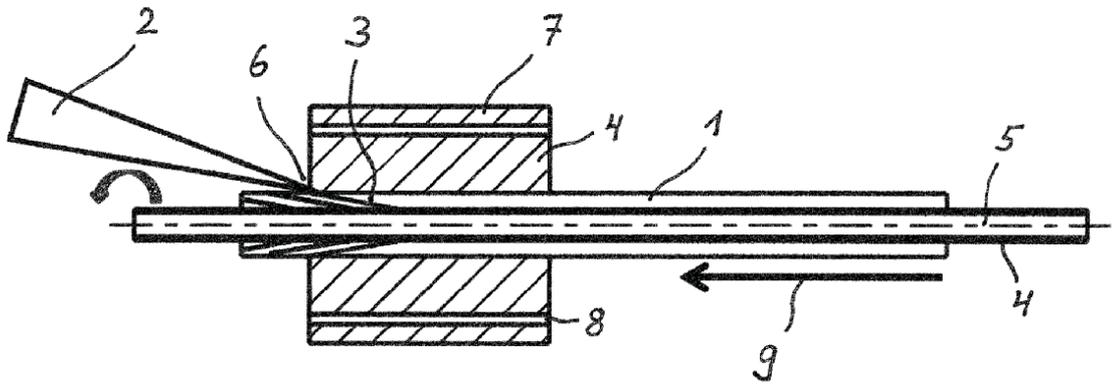


Fig. 7

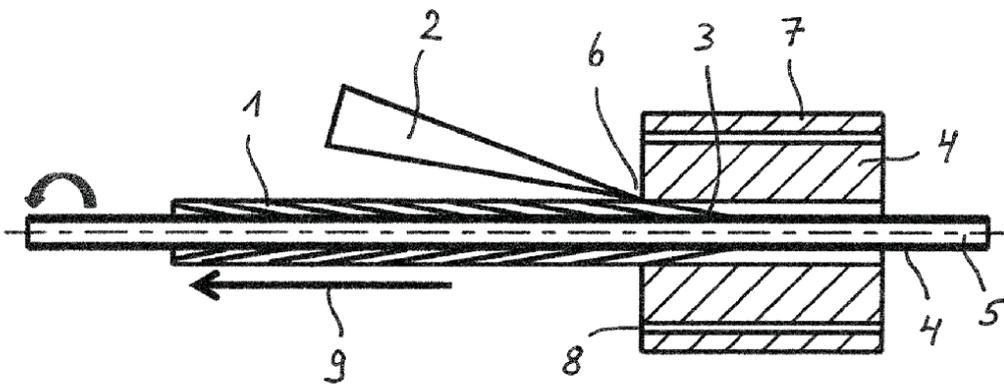


Fig. 8

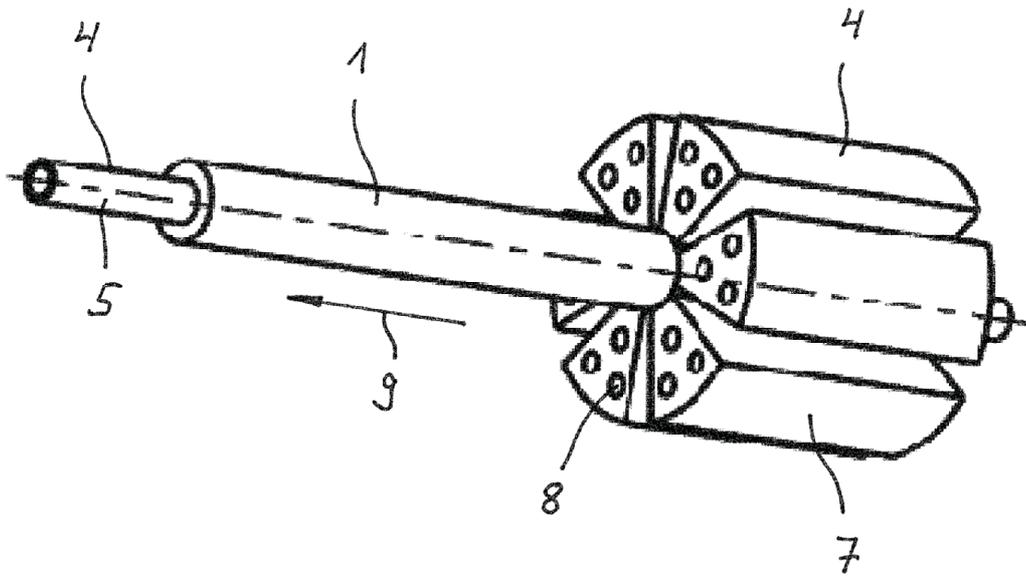


Fig. 9

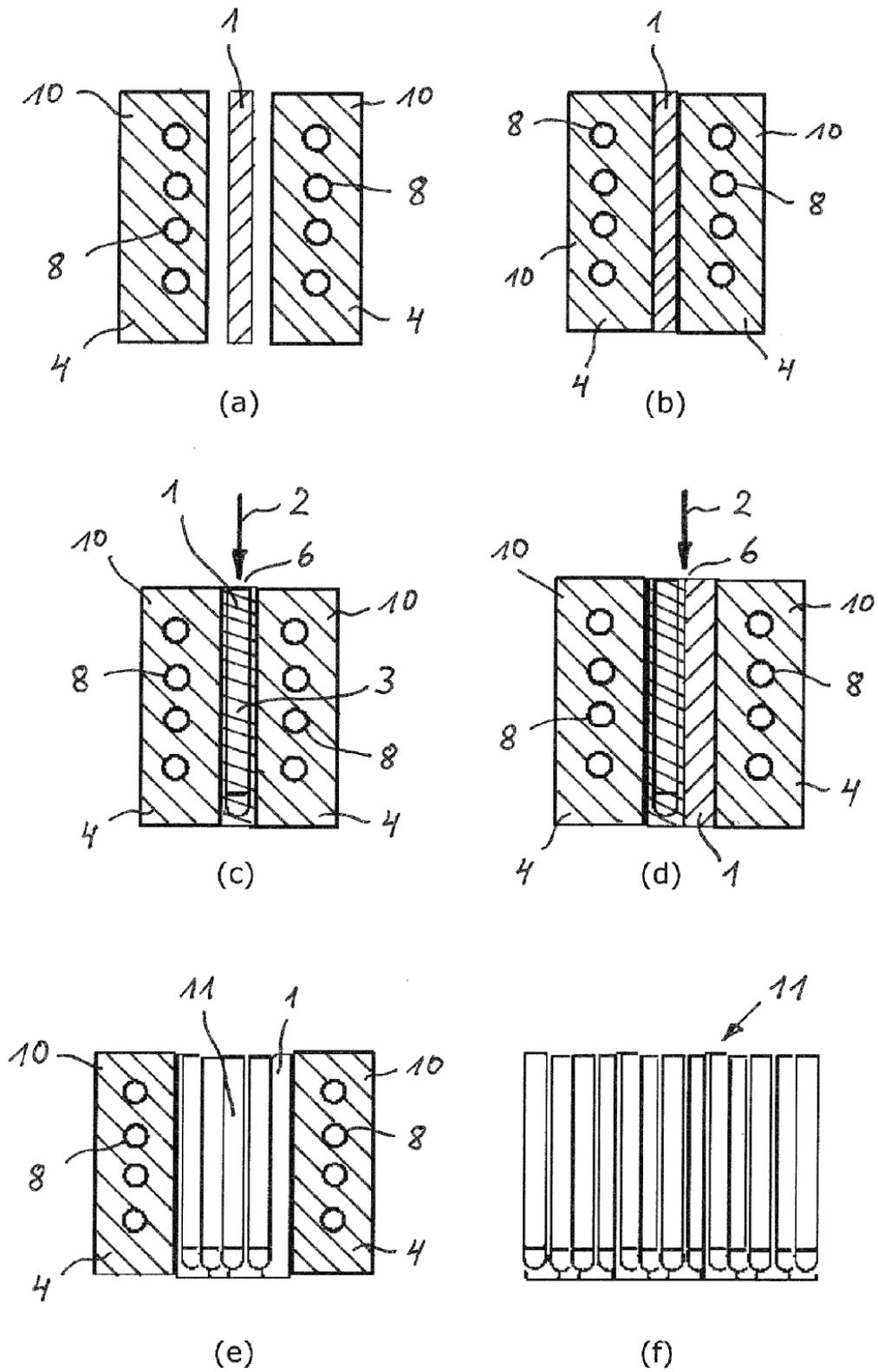


Fig. 10

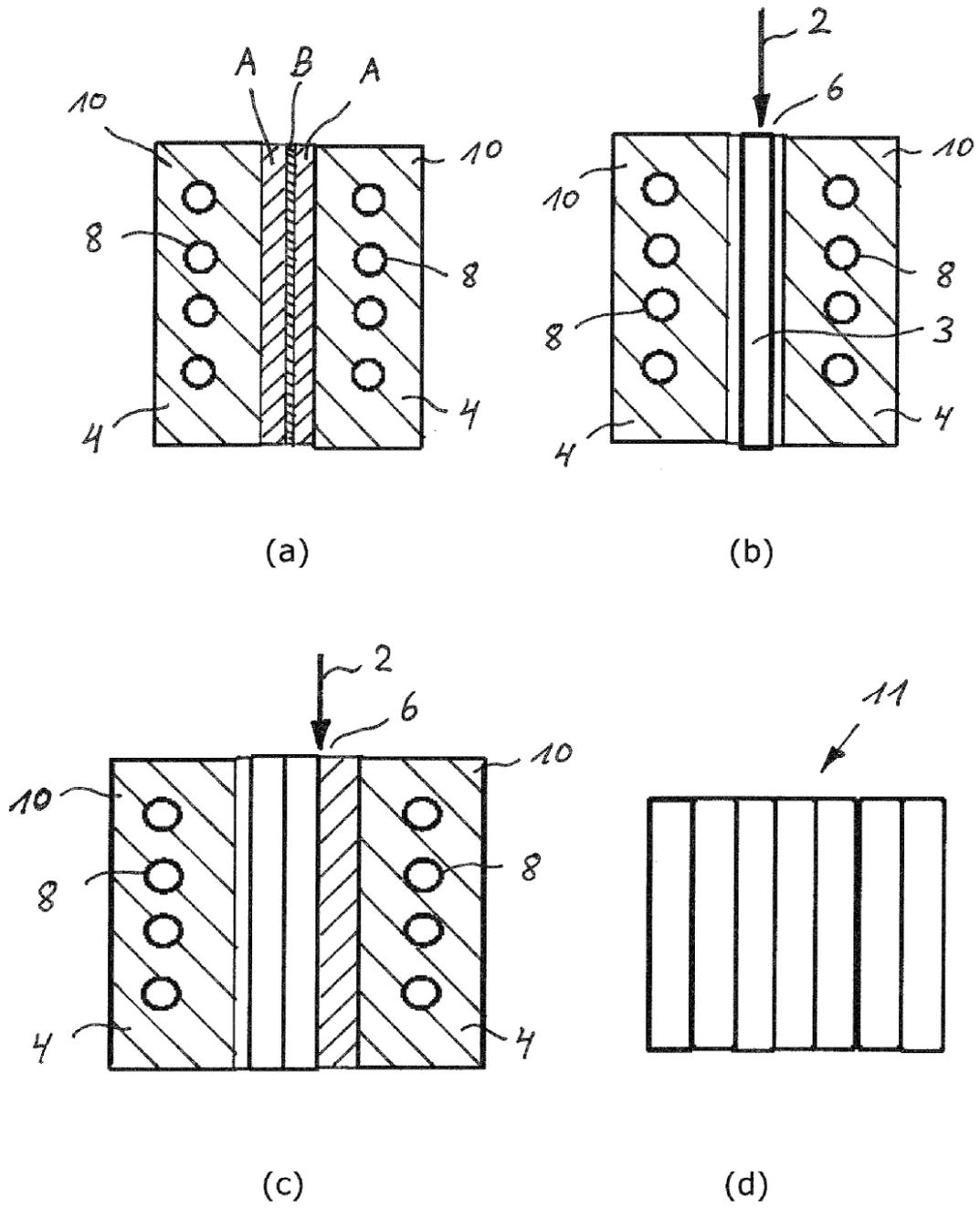


Fig. 11

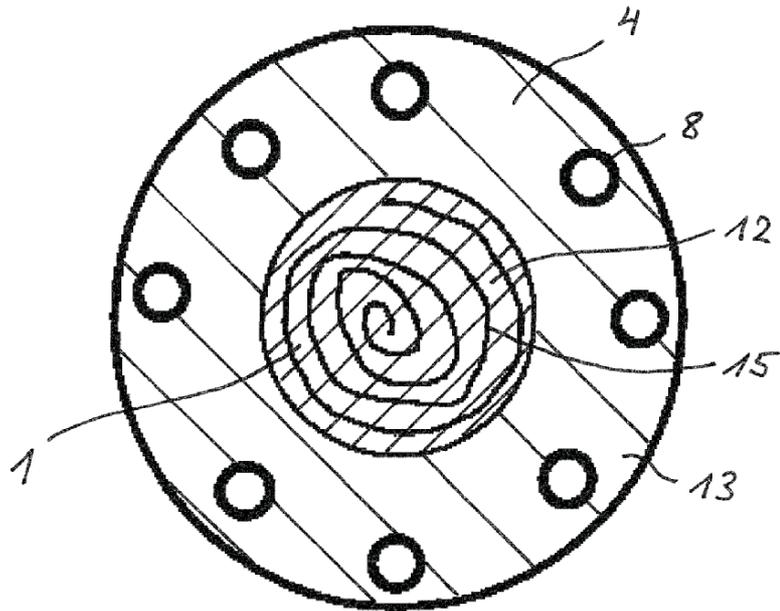


Fig. 12

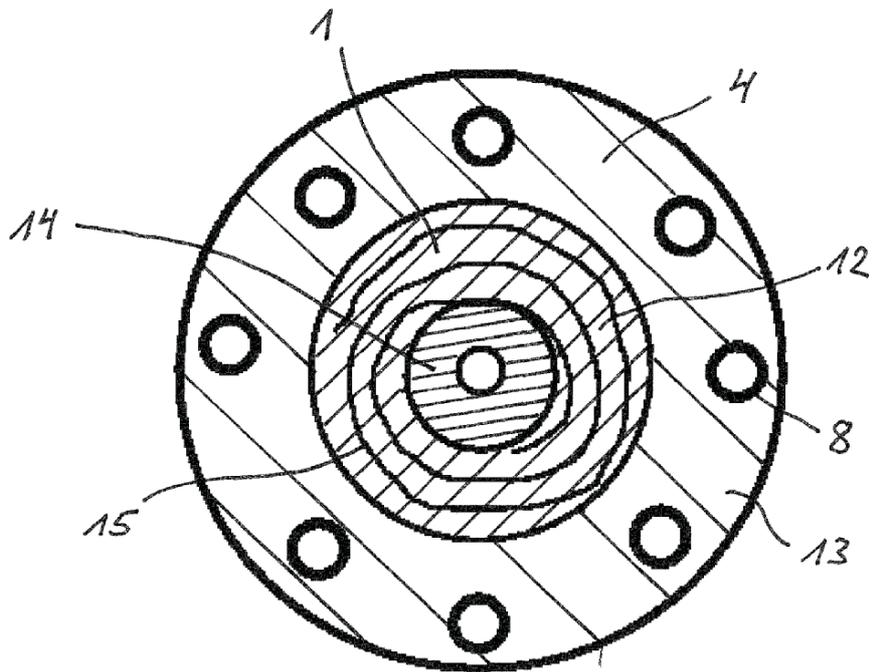


Fig. 13