

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 305**

51 Int. Cl.:

H05B 6/32 (2006.01)

H05B 6/36 (2006.01)

H05B 6/44 (2006.01)

B22D 39/00 (2006.01)

H05B 6/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2019 PCT/EP2019/068431**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2020 WO20016062**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2019 E 19739554 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 3622781**

54 Título: **Procedimiento de fusión en suspensión con un elemento anular**

30 Prioridad:

17.07.2018 DE 102018117302

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

29.12.2020

73 Titular/es:

**ALD VACUUM TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)
Otto-von-Guericke-Platz 1
63457 Hanau, DE**

72 Inventor/es:

**SPITANS, SERGEJS;
FRANZ, HENRIK y
SEHRING, BJÖRN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 800 305 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fusión en suspensión con un elemento anular

Esta invención concierne a un procedimiento de fusión en suspensión y a un dispositivo para fabricar un cuerpo de fundición con un elemento anular de un material conductor para iniciar el vaciado de una carga fundida en un molde de fundición. En el procedimiento, para vaciar la carga fundida se introduce el elemento anular en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción y se inicia así por influenciación del campo magnético inducido una descarga deliberada de la masa fundida en el molde de fundición.

Estado de la técnica

Se conocen procedimientos de fusión en suspensión por el estado de la técnica. Así, el documento DE 422 004 A divulga ya un procedimiento de fusión en el que se calienta el producto fusible conductor por medio de corrientes inductivas y se le mantiene al mismo tiempo en suspensión libre por medio de una acción electrodinámica. Se describe allí también un procedimiento de fundición en el que se inyecta a presión el producto fundido en un molde por mediación de un imán (fundición a presión electrodinámica). El procedimiento puede realizarse en vacío.

El documento US 2.686.864 A describe también un procedimiento en el que un producto fusible conductor es puesto en estado de suspensión, por ejemplo en vacío, bajo la influencia de una o varias bobinas, sin utilización de un crisol. En una forma de realización se emplean dos bobinas para estabilizar el material en suspensión. Una vez efectuada la fusión, se deja caer o se vierte el material en un molde. Con el procedimiento allí descrito se pudo mantener en suspensión una porción de aluminio de 60 g de peso. La extracción del metal fundido se efectúa por reducción de la intensidad del campo, con lo que la masa fundida escapa hacia abajo por efecto de la bobina rematada en forma cónica. Si se reduce muy rápidamente la intensidad del campo, el metal cae fuera del dispositivo en estado fundido. Se ha reconocido ya que el "punto débil" de tales disposiciones de bobinas se encuentra en el centro de las bobinas, por lo que es limitada la cantidad de material que puede fundirse de esta manera.

El documento US 4.578.552 A divulga también un dispositivo y un procedimiento de fusión en suspensión. Se emplea la misma bobina tanto para calentar como para mantener la masa fundida y al mismo tiempo se varía la frecuencia de la corriente alterna aplicada para regular la potencia de calentamiento, mientras que se mantiene constante la intensidad de corriente.

Las ventajas especiales de la fusión en suspensión consisten en que se evita una impurificación de la masa fundida por material del crisol o por otros materiales que en otros procedimientos estén en contacto con la masa fundida. Asimismo, se excluye una reacción de una masa fundida reactiva, por ejemplo de aleaciones de titanio, con el material del crisol, reacción que, en caso contrario, obligaría a evitar crisoles de cerámica en favor de crisoles de cobre hechos funcionar por el procedimiento de crisol frío. La masa fundida suspendida solamente está en contacto con la atmósfera circundante de la misma, la cual puede ser, por ejemplo, un vacío o un gas protector. Como quiera que no cabe temer una reacción química con un material de crisol, la masa fundida puede calentarse también a temperaturas muy altas. Además, en contraste con la fusión en crisol frío, no existe aquí el problema de que su efectividad sea muy pequeña, porque casi toda la energía que se introduce en la masa fundida se deriva hacia la pared refrigerada del crisol, lo que conduce a un aumento de temperatura muy lento con una gran aportación de potencia. En la fusión en suspensión las únicas pérdidas son las debidas a la radiación y la evaporación, las cuales son considerablemente más pequeñas en comparación con la conducción térmica en el crisol frío. Por tanto, con una menor aportación de potencia se consigue un sobrecalentamiento mayor en un tiempo que también es aún más corto.

Además, especialmente en comparación con la masa fundida en el crisol frío, se reduce el rechazo de material contaminado durante la fusión en suspensión. A pesar de todo, la fusión en suspensión no se ha impuesto en la práctica. El motivo de ello es que en el procedimiento de fusión en suspensión solamente puede mantenerse en suspensión una cantidad relativamente pequeña de material fundido (véase el documento DE 696 17 103 T2, página 2, párrafo 1).

Asimismo, para realizar un procedimiento de fusión en suspensión, la fuerza de Lorentz del campo de las bobinas tiene que compensar la fuerza del peso de la carga para poder mantenerla en suspensión. Dicha fuerza presiona entonces la carga hacia arriba y hacia fuera del campo de las bobinas. Para aumentar la eficiencia del campo magnético generado se aspira a lograr una reducción de la distancia de los polos de ferrita opuestos. La reducción de la distancia permite generar con una tensión más baja el mismo campo magnético que se necesita para mantener un peso de masa fundida determinado. De esta manera, se puede mejorar la eficiencia de mantenimiento de la instalación para poder hacer así que levite una carga mayor. Además, se aumenta también la eficiencia de calentamiento, ya que se reducen las pérdidas en las bobinas de inducción.

Cuanto menor resulte ser la distancia de los polos de ferrita tanto mayor será el campo magnético inducido. No obstante, al disminuir la distancia aumenta también el peligro de impurificación de los polos de ferrita y de las bobinas de inducción con la masa fundida, ya que tiene que reducirse la intensidad del campo para el vaciado. Sin embargo, se reduce aquí no solo la fuerza de mantenimiento en dirección vertical, sino también la fuerza en dirección horizontal. Se produce así un aumento de la extensión horizontal de la masa fundida que levita ligeramente

por encima del campo de las bobinas, lo que hace que sea extremadamente difícil dejarla caer sin contacto, a través de la estrecha rendija entra los polos de ferrita, en el molde fundición posicionado debajo. Por tanto, reduciendo la distancia de los polos de ferrita se impone al aumento de la fuerza portante del campo de las bobinas un límite práctico que viene determinado por la probabilidad de contacto.

- 5 Las desventajas de los procedimientos conocidos por el estado de la técnica se pueden agrupar de la forma siguiente. Los procedimientos de fusión en suspensión completa solamente se pueden poner en práctica con pequeñas cantidades de material, por lo que aún no se ha producido hasta ahora una aplicación industrial. Asimismo, el vaciado en moldes de fundición resulta ser difícil. Esto se aplica especialmente para el caso de que, al generarse corrientes parásitas, deba aumentarse la eficiencia del campo de las bobinas mediante una reducción de la distancia de los polos de ferrita.

Problema

- 15 Por tanto, un problema de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento y un dispositivo que hagan posible una utilización rentable de la fusión en suspensión. En particular, el procedimiento deberá permitir la utilización de cargas mayores por efecto de una eficiencia mejorada del campo de las bobinas y hacer posible un alto rendimiento debido a tiempos de ciclo acortados, quedando garantizado que el proceso de vaciado siga teniendo de manera segura sin contacto de la masa fundida con las bobinas o sus polos.

Descripción de la invención

- 20 El problema se resuelve con el procedimiento según la invención y el dispositivo según la invención. Según la invención, se propone un procedimiento para fabricar cuerpos de fundición de un material eléctricamente conductor por el método de fusión en suspensión, en el que, para producir el estado de suspensión de una carga, se utilizan campos electromagnéticos alternos que se generan con al menos un par de bobinas de inducción opuestas con un núcleo de un material ferromagnético, cuyo procedimiento comprende los pasos siguientes:

- introducir una carga de un material de partida en la zona de influencia de al menos un campo electromagnético alterno de modo que la carga se mantenga en un estado de suspensión,
- 25 - fundir la carga,
- posicionar un molde de fundición en una zona de llenado por debajo de la carga suspendida,
- vaciar toda la carga en el molde de fundición introduciendo un elemento anular de un material eléctricamente conductor en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción,
- extraer el cuerpo de fundición solidificado del molde de fundición.

- 30 El volumen de la carga fundida es aquí preferiblemente suficiente para llenar el molde de fundición en grado suficiente para fabricar un cuerpo de fundición ("volumen de llenado"). Después del llenado del molde de fundición se deja que éste se enfríe o se le enfríe con un refrigerante de modo que se solidifique el material en el molde. Seguidamente, se puede extraer el cuerpo de fundición del molde.

- 35 Por "material conductor" de una carga se entiende según la invención un material que presenta una conductividad adecuada para calentar inductivamente el material y mantenerlo en suspensión.

Referido al elemento anular, se debe entender por "material eléctricamente conductor" un material cuya conductividad eléctrica sea al menos tan grande que sea posible una influenciación del campo magnético circundante por corrientes parásitas inducidas en el elemento anular.

- 40 Por "estado de suspensión" se entiende según la invención un estado de suspensión completa de modo que la carga tratada no tenga contacto de ninguna clase con un crisol o una plataforma o similar.

La designación "polo de ferrita" se emplea en el marco de esta solicitud como sinónima del término "núcleo de un material ferromagnético". Igualmente, los términos "bobina" y "bobinas de inducción" se usan como equivalentes uno al lado de otro.

- 45 Gracias a una aproximación mutua de los pares de bobinas de inducción se puede aumentar la eficiencia del campo electromagnético alterno generado. Se logra así hacer que leviten también cargas más pesadas. No obstante, al vaciar una carga aumenta el peligro del contacto de la carga fundida con las bobinas o los polos de ferrita al disminuir el corte transversal libre entre las bobinas. Sin embargo, tales impurificaciones se tienen que evitar estrictamente, ya que solo se pueden eliminar nuevamente de una manera difícil y costosa y, por tanto, tienen como consecuencia un paro bastante prolongado de la instalación. Para poder aprovechar hasta donde sea posible las ventajas de la menor distancia de los pares de bobinas de inducción, sin tener que aceptar el peligro de impurificaciones durante el vaciado, se inicia según la invención el vaciado de la carga introduciendo lentamente un elemento anular de un material eléctricamente conductor en el campo magnético por debajo de la carga levitante.

Se deja entonces inalterada la intensidad de corriente en las bobinas generadoras del campo hasta que haya finalizado el proceso de vaciado.

En el elemento anular se inducen así por el campo electromagnético alterno circundante unas corrientes parásitas que influyen sobre el campo magnético exterior. Por "anular" se entienden aquí según la invención no solo elementos circulares y elementos de superficie completa, sino también cualquier objeto poliédrico que satisfaga las dos condiciones siguientes:

1. La superficie del objeto conforma un contorno cerrado de modo que el flujo magnético no está en condiciones de circular a través de este objeto, sino que tiene que circular alrededor del mismo. De esta manera, se puede generar un mínimo de campo magnético debajo de la masa fundida.

2. El objeto presenta en su centro una abertura que permite dejar que se descargue la masa fundida a través de ella.

Por consiguiente, aparte de un tubo cilíndrico, son también ejemplos de tales elementos anulares de superficie completa según la invención las construcciones tubulares a base de elementos poligonales que forman una estructura sustancialmente redonda, como, por ejemplo, polígonos con cinco o más vértices. Ejemplos de elementos anulares de superficie no completa son los cubos o los paralelepípedos que, al igual que en un modelo de rejilla, están formados de un material conductor únicamente en sus aristas.

En los extremos del elemento anular se presentan entonces inducciones de campo magnético especialmente grandes que, al pasar la masa fundida por el plano de las bobinas, la mantienen con seguridad apartada del contacto con el borde superior del elemento anular. Dado que en el centro del elemento anular se presenta al mismo tiempo una reducción del campo magnético circundante, se produce un efecto de embudo para la masa fundida que puede descargarse deliberadamente y sin salpicar, a través de este embudo magnético, en el molde de fundición posicionado por debajo del elemento anular. La masa fundida restante sigue levitando por encima del elemento anular mientras se descarga lentamente en el centro de éste. Ventajosamente, el diámetro del elemento anular corresponde al diámetro de la sección de llenado de forma de embudo del molde de fundición o es mínimamente más pequeño.

Por tanto, en contraste con los procedimientos de fusión en suspensión conocidos, el vaciado de la carga no se logra según la invención por una anulación de la fuerza de Lorentz del campo magnético encargada de compensar la fuerza del peso, por medio de una reducción de la intensidad de corriente en las bobinas o incluso por una desconexión completa de las bobinas, sino solamente por una manipulación deliberada de la evolución del campo magnético con el elemento anular.

En una forma de realización el material eléctricamente conductor del elemento anular contiene uno o varios elementos del grupo constituido por plata, cobre, oro, aluminio, rodio, wolframio, cinc, hierro, platino y estaño. En particular, esto comprende también aleaciones como latón y bronce. De manera especialmente preferida, el grupo consta de plata, cobre, oro y aluminio. De manera sumamente preferida, el material eléctricamente conductor del elemento anular consiste en cobre, pudiendo estar presente hasta un 5% en peso de componentes extraños.

En una forma de realización especialmente ventajosa de la invención el elemento anular se estrecha cónicamente en el lado que se introduce primeramente en la zona del campo electromagnético alterno. Esto conduce ciertamente a un diámetro reducido que está disponible para que se descargue la masa fundida, pero cuida de que se aminore el peligro de que el elemento anular sea tocado e impurificado en el interior por la masa fundida. La inducción de campo magnético dirigida más hacia dentro en la envolvente oblicuamente orientada y reforzada por el menor diámetro cuida fiablemente de que la masa fundida, a pesar de la menor superficie de paso, pueda entrar sin contacto en el elemento anular. Por tanto, el chorro de masa fundida así concentrado en el centro del elemento anular tiene una distancia óptima a la pared anular en el diámetro que entonces se agranda.

En una variante de ejecución preferida el elemento anular es de una construcción de pared hueca y este espacio hueco está lleno de un material de cambio de fase (phase change material, PCM). Esto permite una refrigeración efectiva del elemento anular, que se calienta al vaciar la masa fundida en el campo alterno de las bobinas de inducción.

Preferiblemente, la refrigeración del elemento anular se efectúa de tal manera que éste esté asentado sobre una superficie de soporte refrigerada durante la operación de fusión. Esta superficie puede ser intensivamente refrigerada para regenerar el material de cambio de fase durante el siguiente proceso de fusión y enfriar nuevamente el elemento anular antes de que éste sea elevado nuevamente hasta el campo alterno para la siguiente operación de vaciado.

Una variante de ejecución especialmente preferida prevé para ello que la elevación del elemento anular para introducirlo en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción se efectúe por el molde de fundición. El elemento anular dispone para ello de unos medios adecuados que aseguran un arrastre del mismo al elevar el molde de fundición hasta la posición de vaciado, por ejemplo un reducción de corte transversal a manera de cuello en el extremo superior hasta un diámetro que sea más pequeño que el del corte transversal superior del molde de fundición, o bien unas espigas que pueden encajar en alojamientos correspondientemente configurados en

el molde fundición. En el caso de los elementos anulares con una zona cónicamente estrechada, ésta puede servir de medio de arrastre. Al descender el molde de fundición después del vaciado, el elemento anular se asienta entonces nuevamente sobre la superficie de soporte refrigerada y el molde de fundición puede ser extraído hacia abajo. Esto tiene la ventaja de que por cada instalación de fusión solamente tiene que estar presente un elemento anular y éste es utilizado conjuntamente por diferentes moldes de fundición. Dado que el molde de fundición se hace cargo de la operación de elevación, se puede prescindir, en la instalación de fusión, de un mecanismo adicional para elevar el elemento anular, lo que simplifica y abarata su construcción.

Otra forma de realización sumamente preferida prevé que el elemento anular sea una parte del molde de fundición. En este caso, el elemento anular pueda estar dispuesto a manera de collar alrededor del borde superior de la sección de llenado del molde de fundición configurada generalmente en forma de embudo. Alternativamente, podría formar también la prolongación del diámetro superior de la sección de llenado. Debido a la acción de embudo del elemento anular el diámetro de la sección de llenado de forma de embudo del molde fundición puede resultar más pequeño de lo usual en otros casos, por lo que puede reducirse el diámetro hasta el punto de que el extremo superior del molde de fundición pueda introducirse en la zona entre las bobinas.

Se puede conseguir así una simplificación y aceleración adicionales del proceso de fusión, puesto que el molde de fundición tiene que elevarse de todos modos desde una posición de alimentación hasta una posición de vaciado por debajo de la disposición de bobinas. Para el vaciado según la invención, esta elevación solamente tiene que efectuarse entonces hasta una altura un poco mayor. Por tanto, se puede prescindir de un mecanismo adicional para realizar una elevación separada del elemento anular. Además, la elevación del molde hasta la posición de vaciado puede combinarse en seguida con el vaciado. Precisamente en el caso de moldes perdidos de cerámica, el elemento anular puede construirse también como desmontable de modo que éste pueda ser retirado antes de romper a golpes el molde y pueda volverse a utilizar inmediatamente en un nuevo molde. Por ejemplo, esto puede tener lugar a través de un ensanchamiento a manera de plataforma de la zona superior del molde de fundición, sobre el cual pueda asentarse el elemento anular cuando éste se enchufe sobre el borde de la sección de llenado de forma de embudo.

El material eléctricamente conductivo utilizado según la invención como carga presenta en una forma de realización preferida al menos un metal de alto punto de fusión del grupo siguiente: titanio, circonio, vanadio, tántalo, wolframio, hafnio, niobio, renio, molibdeno. Alternativamente, se puede utilizar también un metal de menos alto punto de fusión como níquel, hierro o aluminio. Como material conductivo puede utilizarse también una mezcla o aleación con uno o varios de los metales antes citados. Preferiblemente, el metal tiene una proporción de al menos 50% en peso, especialmente al menos 60% en peso o al menos 70% en peso en el material conductivo. Se ha visto que estos metales se aprovechan especialmente de las ventajas de la presente invención. En una forma de realización especialmente preferida el material conductivo es titanio o una aleación de titanio, particularmente TiAl o TiAlV.

Estos metales o aleaciones pueden procesarse de una manera especialmente ventajosa debido a que presentan una marcada dependencia de la viscosidad con respecto a la temperatura y, además, son especialmente reactivos, particularmente en lo que respecta a los materiales del molde fundición. Dado que el procedimiento según la invención combina una fusión sin contacto en suspensión con un llenado extremadamente rápido del molde de fundición, se puede materializar justamente para tales metales una ventaja especial. Con el procedimiento según la invención se pueden fabricar cuerpos de fundición que presenten una capa de óxido especialmente delgada o que incluso no presenten ninguna capa de esta clase derivada de la reacción de la masa fundida con el material del molde de fundición. Y precisamente en los metales de alto punto de fusión el mejorado aprovechamiento logrado de las corrientes parásitas inducidas y la exorbitante reducción de las pérdidas de calor por contacto térmico se hacen considerablemente perceptibles en los tiempos de ciclo. Asimismo, se puede aumentar la capacidad portante del campo magnético generado y con ello se pueden mantener también en suspensión cargas más pesadas.

En una forma de realización ventajosa de la invención el material conductivo se sobrecalienta durante la fusión hasta una temperatura que está al menos 10°C, al menos 20°C o al menos 30°C por encima del punto de fusión del material. Debido al sobrecalentamiento se evita que el material se solidifique instantáneamente al contacto con el molde de fundición, cuya temperatura está por debajo de la temperatura de fusión. Se consigue que la carga pueda distribuirse en el molde de fundición antes de que se haga demasiado alta la viscosidad del material. Una ventaja de la fusión en suspensión reside en que no se tiene que emplear un crisol que esté en contacto con la masa fundida. Se evita así la elevada pérdida de material del procedimiento de crisol frío en la pared del crisol e igualmente se evita una contaminación de la masa fundida por componentes del crisol. Otra ventaja reside en que la masa fundida puede calentarse a una temperatura relativamente alta, ya que es posible un funcionamiento en vacío o bajo gas protector y no tiene lugar ningún contacto con materiales reactivos. No obstante, la mayoría de los materiales no pueden sobrecalentarse cuanto se quiera, puesto que, en caso contrario, es de temer una violenta reacción con el molde de fundición. Por tanto, el sobrecalentamiento se limita preferiblemente a como máximo 300°C, especialmente como máximo 200°C y de manera especialmente preferida como máximo 100°C por encima del punto de fusión del material conductivo.

Para concentrar el campo magnético y estabilizar la carga se dispone horizontalmente en el procedimiento al menos un elemento ferromagnético alrededor de la zona en la que se funde la carga. El elemento ferromagnético puede estar dispuesto en forma de anillo alrededor de la zona de fusión, entendiéndose por "en forma de anillo" no solo

- elementos circulares, sino también elementos anulares angulosos, especialmente cuadrangulares o poligonales. Asimismo, el elemento ferromagnético puede presentar varias secciones de barra que sobresalgan en particular horizontalmente en dirección a la zona de fusión. El elemento ferromagnético consiste en un material ferromagnético, preferiblemente con una permeabilidad de amplitud $\mu_a > 10$, más preferiblemente $\mu_a > 50$ y de manera especialmente preferida $\mu_a > 100$. La permeabilidad de amplitud se refiere especialmente a la permeabilidad en un intervalo de temperatura entre 25°C y 150°C y a una densidad de flujo magnético entre 0 y 500 mT. La permeabilidad de amplitud es particularmente de al menos una centésima, especialmente al menos 10 centésimas o 25 centésimas de la permeabilidad de amplitud de ferrita magnética dulce (por ejemplo 3C92). El experto es conocedor de materiales adecuados.
- 5 En una forma de realización los campos electromagnéticos se generan con al menos dos pares de bobinas de inducción cuyos ejes longitudinales están orientados en dirección horizontal, es decir que los conductores de las bobinas están enrollados siempre preferiblemente sobre un carrete horizontalmente orientado. Las bobinas pueden estar dispuestas siempre alrededor de una sección de barra del elemento electromagnético que sobresale en dirección a la zona de fusión. Las bobinas pueden presentar conductores enfriados por un refrigerante.
- 10 Según la invención, se propone también un dispositivo de fusión en suspensión de un material eléctricamente conductor que comprende al menos un par de bobinas de inducción opuestas con un núcleo de un material ferromagnético para producir el estado de suspensión de una carga por medio de campos electromagnéticos alternos y un elemento anular de un material eléctricamente conductor que se puede introducir en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción.
- 15 Asimismo, se propone según la invención el uso de un elemento anular, que consiste en un material eléctricamente conductor y es parte integrante de un molde de fundición, en un procedimiento de fusión en suspensión para vaciar una carga en el molde de fundición por introducción del mismo en la zona entre las bobinas de inducción que generan un campo electromagnético alterno para producir el estado de suspensión de la carga.

Breve descripción de las figuras

- 25 La figura 1 es una vista en corte lateral de un molde de fundición por debajo de una zona de fusión con elementos ferromagnéticos, bobinas, un elemento anular y una carga de material conductor.
- La figura 2 es una vista en corte lateral de una variante de la figura 1, en la que el elemento anular es parte del molde de fundición.
- 30 Las figuras 3a a 3c son una vista en corte lateral de una variante con un elemento anular dotado de un estrechamiento cónico en el transcurso del proceso de vaciado.
- Las figuras 4a a 4d son una vista en corte lateral de una variante con un elemento anular lleno de material de cambio de fase en el transcurso del proceso de vaciado.

Descripción de las figuras

- Las figuras muestran formas de realización preferidas. Sirven solamente para fines de ilustración.
- 35 La figura 1 muestra una carga (1) de material conductor que se encuentra en la zona de influencia de unos campos electromagnéticos alternos (zona de fusión) que se generan con ayuda de las bobinas (3). Por debajo de la carga (1) se encuentra un molde de fundición vacío (2) que se mantiene por un sujetador (5) en la zona de llenado. El molde de fundición (2) presenta una sección de llenado (6) de forma de embudo. El sujetador (5) es adecuado para elevar el molde de fundición (2) desde una posición de alimentación hasta una posición de vaciado, lo que se simboliza por la flecha dibujada. En el núcleo de las bobinas (3) está dispuesto un elemento ferromagnético (4). Los ejes del par de bobinas (3) están orientados en dirección horizontal, formando cada dos bobinas opuestas (3) un par. Entre la carga (1) y la sección de llenado (6) de forma de embudo del molde de fundición (2) está dispuesto el elemento anular (7) por debajo del par de bobinas (3). Como simboliza la flecha, este elemento es móvil en dirección vertical.
- 40 La carga (1) se funde en estado suspendido en el procedimiento según la invención y, una vez realizada la fusión, se la vacía en el molde de fundición (2). Para el vaciado se eleva lentamente el elemento anular (7) hasta la zona del campo magnético entre las bobinas (3). Como consecuencia de esto, la masa fundida corre lenta y controladamente hacia el molde de fundición (2) a través del elemento anular (7), sin que se impurifiquen entonces las bobinas (3) o sus núcleos y el lado interior del elemento anular (7) ni se produzcan salpicaduras en la sección de llenado (6) de forma de embudo del molde de fundición (2).
- 45 La figura 2 muestra, análogamente a la figura 1, una variante de ejecución en la que el elemento anular (7) es parte del molde de fundición (2). En la variante mostrada el elemento anular (7) está construido como un collar alrededor de la sección de llenado (6) de forma de embudo del molde de fundición (2). Mientras que el sujetador (5) en la variante de la figura 1 se mantiene durante el vaciado en la posición mostrada y solamente se mueve el elemento anular (7) por efecto de un mecanismo, no ilustrado, se cumple aquí que, para el vaciado, todo el molde de fundición
- 50 (2) con el sujetador (5) se traslada aún más hacia arriba desde la posición representada. Esto tiene la ventaja

adicional de que al mismo tiempo se reduce también la distancia de la masa fundida a la sección de llenado (6) de forma de embudo y se minimiza así el trayecto de caída libre de la masa fundida. Por tanto, se puede excluir con seguridad una producción de salpicaduras.

5 Las figuras 3 muestran paso a paso el desarrollo de la operación de vaciado en una variante de ejecución con un elemento anular (7) dotado de un estrechamiento cónico en el lado superior. No se ha representado en el dibujo el molde de fundición (2) dispuesto por debajo del elemento anular (7).

10 La figura 3a muestra el estadio al final de la operación de fusión. El elemento anular (7) se encuentra por debajo del campo magnético de las bobinas (3). La masa fundida levita en la zona situada por encima de las bobinas (3). Las líneas de campo magnético dibujadas discurren libremente entre los polos de material ferromagnético (4) de las bobinas (3).

15 Las figura 3b muestra la situación al comienzo de la entrada del elemento anular (7) en el campo magnético de las bobinas (3). Como puede apreciarse, las líneas del campo magnético se desvían de manera reforzada especialmente en la zona del cono y se conducen alrededor del elemento anular (7), con lo que éstas no atraviesan la zona en el interior del cono y de la parte cilíndrica. En el dibujo se han representado a trazos las líneas del campo que discurren detrás del elemento anular (7). La densidad de la fuerza de Lorentz aumenta aquí fuertemente a lo largo del chaflán hacia los vértices del elemento anular (7) debido al campo magnético generado por las corrientes parásitas en el elemento anular (7).

20 La figura 3c muestra finalmente la situación al comienzo del vaciado. En el centro del elemento anular (7) se ha formado el principio de un chorro de masa fundida por la acción de embudo generada por las fuerzas magnéticas desviadas. La primera gota grande de la carga (1) penetra ya en abertura del cono, proporcionando el campo magnético en el vértice del cono la estrangulación de la carga levitante (1) en su lado inferior e impidiendo también un contacto. De manera correspondiente, el volumen de la masa fundida ha disminuido ya algo en la zona de las bobinas. En el dibujo se han vuelto a representar a trazos las líneas de campo magnético que discurren detrás del elemento anular (7) y de la gota de masa fundida. El elemento anular (7) es empujado ahora más hacia arriba de una manera continua y lenta hasta que toda la masa fundida de la carga (1) se haya descargado en el molde de fundición (2).

Las figuras 4 muestran paso a paso el desarrollo de una operación de vaciado en una variante de ejecución con un elemento anular (7) lleno de un material de cambio de fase en la pared hueca y una superficie de soporte refrigerada.

30 La figura 4a muestra la situación al final de la operación de fusión. La masa fundida terminada (1) levita por encima de las bobinas de inducción (3) con sus núcleos de material ferromagnético (4). El molde de fundición (2) con su sección de llenado (6) de forma de embudo está preparado debajo. Para el vaciado se mueve el molde de fundición (2) hacia arriba, tal como se insinúa con la flecha. El vaciado es iniciado en este ejemplo por un elemento anular (7) en forma de tubo cilíndrico que está lleno de un material de cambio de fase (8) en la pared hueca. Durante la fase de fusión dicho elemento descansa sobre la superficie de soporte (10) fuertemente refrigerada. Si se eleva el molde de fundición (2), la sección de llenado se introduce en el elemento anular (7) a través de la superficie de soporte refrigerada y eleva también al elemento anular (7) por medio del collar (9). El elemento anular (7) y la superficie de soporte refrigerada (10) sobre la que éste descansa están dimensionados en su diámetro interior de modo que abracen con poca holgura al diámetro exterior superior del la sección de llenado (6). El collar (9) a manera de brida se proyecta aquí hacia dentro justamente hasta que queda asentado sobre el borde de la sección de llenado (6), sin ocultar la superficie del embudo.

35 40 45 La figura 4b muestra la situación al comienzo de la operación de vaciado. El molde de fundición (2) con el elemento anular (7) calado sobre el mismo se ha elevado hacia dentro del campo de las bobinas hasta quedar por debajo de la masa fundida levitante (1). Para realizar el vaciado se empujan éstos ahora un poco más hacia arriba hasta que se haya descargado la masa fundida (1) en el molde de fundición (2). El elemento anular (7) se calienta entonces por la acción del calor de radiación de la masa fundida (1) y del campo magnético alterno. El aumento de temperatura provocado por el cambio de fase del material de cambio de fase (8) en el interior del elemento anular (7) puede reducirse o retrasarse durante este cambio.

50 En la figura 4c se reproduce el molde de fundición (2) lleno de la masa fundida (1), después del vaciado, en su camino hacia abajo realizado nuevamente en la dirección de la flecha. En este caso, el elemento anular caliente (7) reposa nuevamente sobre la superficie de soporte refrigerada (10), en donde este elemento es enfriado a la vez que se produce un nuevo cambio de fase del material de cambio de fase (8) para la siguiente carga de masa fundida.

55 Este estado al final de la operación de vaciado se representa en la figura 4d. El molde de fundición (2) se ha bajado completamente a través de la superficie de soporte refrigerada (10) y puede ahora permutarse por un nuevo molde vacío. El elemento anular (7) descansa de nuevo, como en la figura 4a, sobre la superficie de soporte refrigerada (10). Cuando se ha posicionado el nuevo molde fundición (2), se puede iniciar la siguiente operación de vaciado introduciendo la siguiente carga (1) en el campo magnético.

Lista de símbolos de referencia

	1	Carga
	2	Molde de fundición
	3	Bobina de inducción
5	4	Material ferromagnético
	5	Sujetador
	6	Sección de llenado
	7	Elemento anular
	8	Material de cambio de fase
10	9	Collar
	10	Superficie de soporte refrigerada

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para fabricar cuerpos de fundición de un material eléctricamente conductivo por el método de fusión en suspensión, en el que, para producir el estado de suspensión de una carga (1), se utilizan unos campos electromagnéticos alternos que se generan con al menos un par de bobinas de inducción opuestas (3) con un núcleo de un material ferromagnético (4), cuyo procedimiento comprende los pasos siguientes:
- introducir una carga (1) de un material de partida en la zona de influencia de al menos un campo electromagnético alterno de modo que la carga (1) se mantenga en un estado de suspensión,
 - fundir la carga (1),
 - posicionar un molde de fundición (2) en una zona de llenado por debajo de la carga suspendida (1),
- 10 - vaciar toda la carga (1) en el molde de fundición (2),
- extraer el cuerpo de fundición solidificado del molde de fundición (2),
- caracterizado por que el vaciado de toda la carga (1) en el molde de fundición (2) se realiza introduciendo un elemento anular (7) de un material eléctricamente conductivo en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción (3).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el material eléctricamente conductivo del elemento anular (7) contiene uno o varios elementos del grupo constituido por: plata, cobre, oro, aluminio, rodio, wolframio, cinc, hierro, platino y estaño.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el elemento anular (7) se estrecha cónicamente en el lado que se introduce primeramente en la zona del campo electromagnético alterno.
- 20 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el elemento anular (7) es una parte del molde de fundición (2).
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los campos electromagnéticos se generan con al menos dos pares de bobinas de inducción (3).
- 25 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el elemento anular (7) es de una construcción de pared hueca y este espacio hueco está lleno de un material de cambio de fase.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que el elemento anular (7) está asentado sobre una superficie de soporte refrigerada durante la operación de fusión.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que el elemento anular (7) es elevado por el molde fundición (2) para introducirlo en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción (3).
- 30 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el elemento anular (7) es parte integrante de un molde de fundición (2).
10. Dispositivo de fusión en suspensión de un material eléctricamente conductivo que comprende al menos un par de bobinas de inducción opuestas (3) con un núcleo de un material ferromagnético (4) para producir el estado de suspensión de una carga (1) por medio de campos electromagnéticos alternos, caracterizado por que comprende un
- 35 elemento anular (7) de un material eléctricamente conductivo que se puede introducir en la zona del campo electromagnético alterno entre las bobinas de inducción (3).
11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que el material eléctricamente conductivo del elemento anular (7) contiene uno o varios elementos del grupo constituido por: plata, cobre, oro, aluminio, rodio, wolframio, cinc, hierro, platino y estaño.
- 40 12. Dispositivo según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que el elemento anular (7) se estrecha cónicamente en el lado que se introduce primeramente en la zona del campo electromagnético alterno.
13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que los campos electromagnéticos se generan con al menos dos pares de bobinas de inducción (3).
- 45 14. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que el elemento anular (7) es de una construcción de pared hueca y este espacio hueco está lleno de un material de cambio de fase.
15. Dispositivo según la reivindicación 14, caracterizado por que el elemento anular (7) está asentado sobre una superficie de soporte refrigerada durante la operación de fusión.

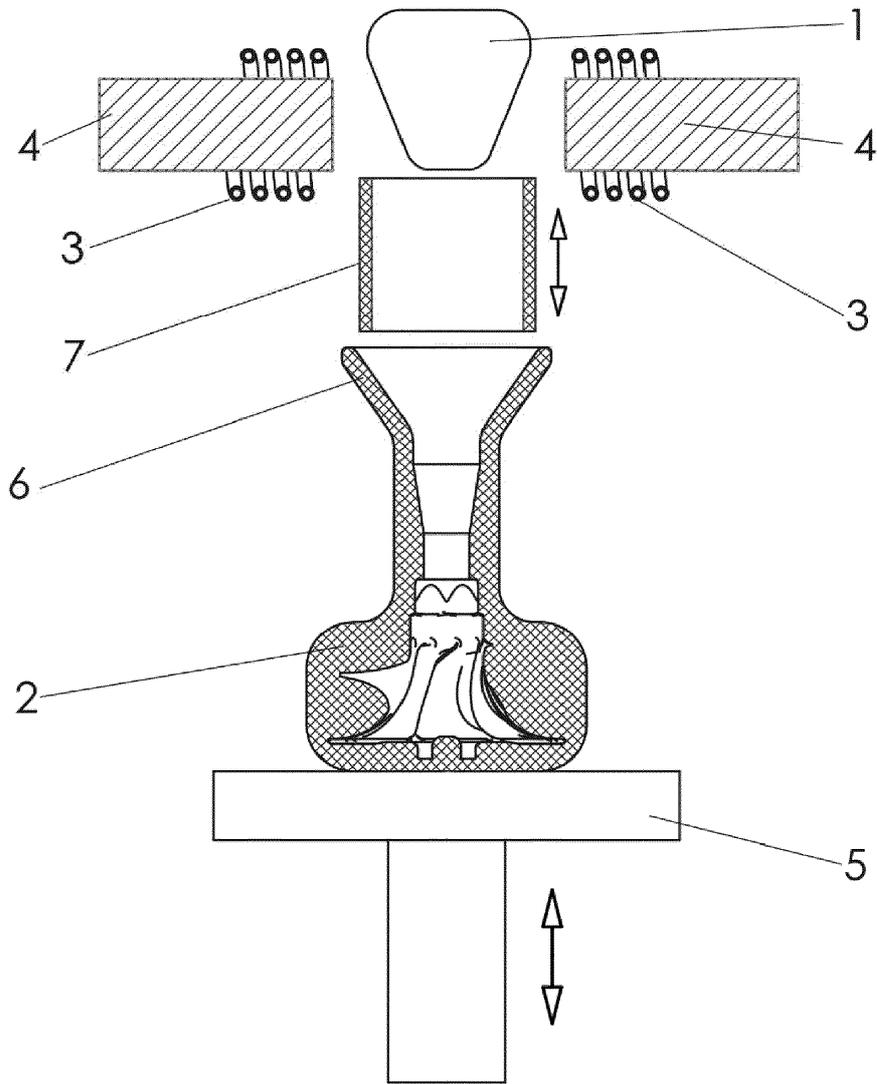


Figura 1

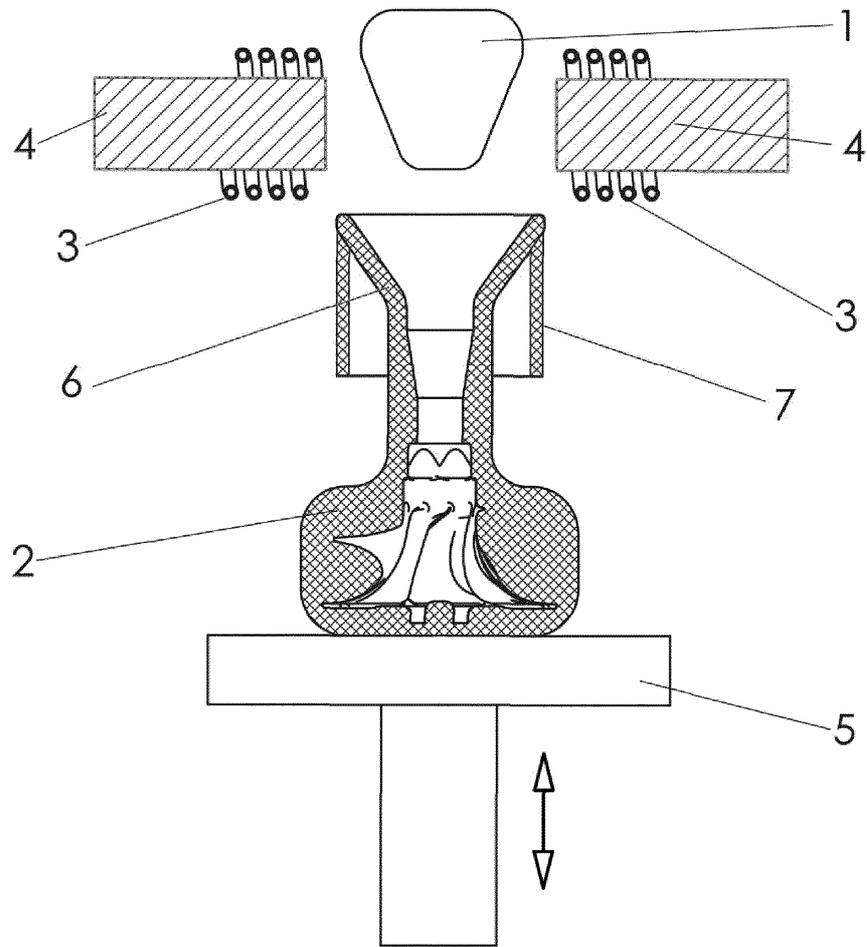


Figura 2

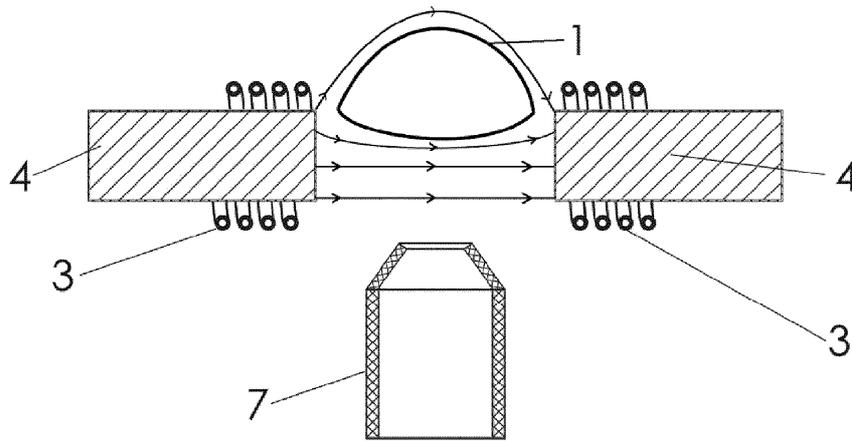


Figura 3a

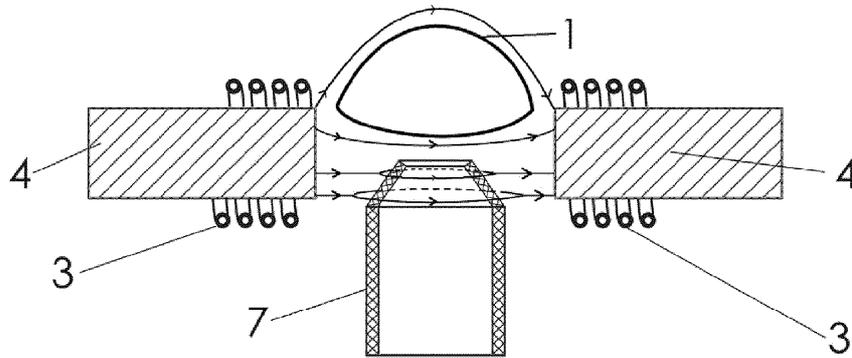


Figura 3b

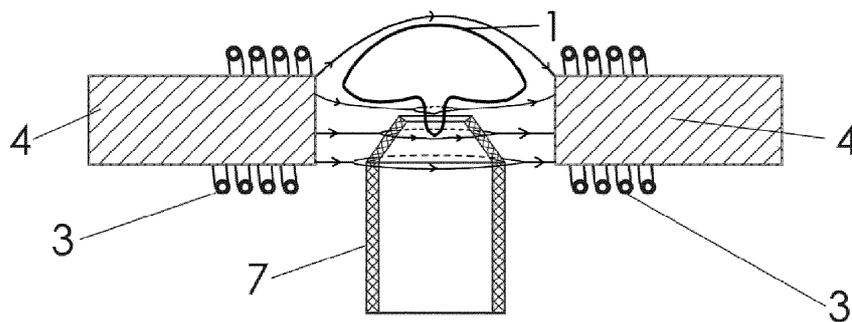


Figura 3c

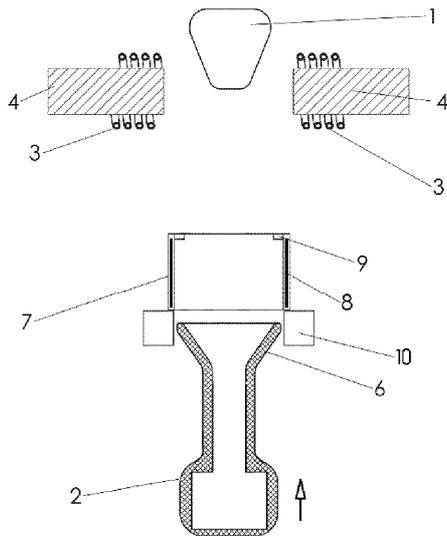


Figura 4a

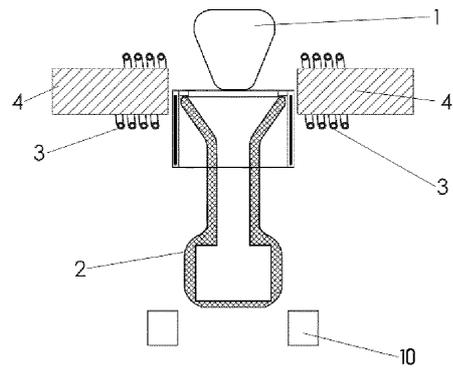


Figura 4b

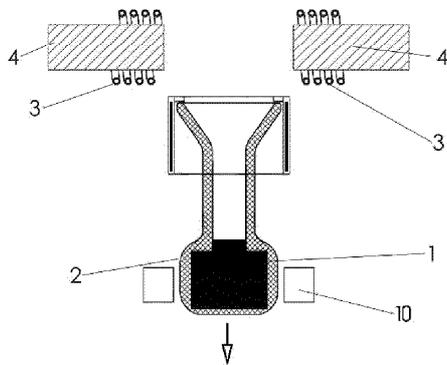


Figura 4c

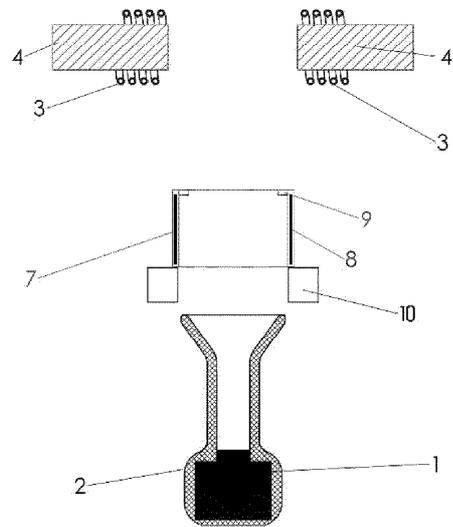


Figura 4d