

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 603**

51 Int. Cl.:

B22C 1/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2005** **E 11006910 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019** **EP 2392424**

54 Título: **Procedimiento para la producción de moldes de fundición destinados al procesamiento de metal, moldes de fundición producidos según el procedimiento y su uso**

30 Prioridad:

02.09.2004 DE 102004042535

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

26.06.2020

73 Titular/es:

**ASK CHEMICALS GMBH (100.0%)
Reisholzstrasse 16-18
40721 Hilden, DE**

72 Inventor/es:

**WEICKER, GÜNTER;
KOCH, DIETHER;
MÜLLER, JENS;
SKERDL, UDO;
REHSE, HENNING;
GIENIC, ANTON;
STÖTZEL, REINHARD y
DÜNNWALD, THOMAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 769 603 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 para la producción de moldes de fundición destinados al procesamiento de metal, moldes de fundición producidos según el procedimiento y su uso

5 La invención se refiere a un procedimiento para producir moldes de fundición destinados al procesamiento de metal, la cual comprende al menos una materia prima moldeable, ignífuga, capaz de esparcirse, así como un aglutinante a base de silicato soluble. La invención se refiere también a un procedimiento para producir moldes de fundición destinados al procesamiento de metal usando la mezcla de materiales moldeables así como un molde de colada obtenido mediante el procedimiento.

10 Los moldes de fundición para la producción de cuerpos metálicos se producen esencialmente en dos modalidades. Un primer grupo se forma por los llamados núcleos o moldes. De estos se compone el molde de colada que representa esencialmente la forma negativa de la pieza colada a producir. Un segundo grupo se forma por los cuerpos huecos, llamados alimentadores, que actúan como reservorios de compensación. Estos albergan metal líquido y mediante medidas correspondientes se procura que el metal permanezca en la fase líquida más tiempo que el metal que se encuentra en el molde de colada que produce la forma negativa. Si el metal se solidifica en la forma
15 negativa, el metal líquido puede seguir fluyendo del reservorio de compensación con el fin de compensar la contracción de volumen que aparece al solidificarse el metal.

Los moldes de fundición se componen de un material ignífugo, por ejemplo de arena de cuarzo cuyos granos se unen por un aglutinante adecuado con el fin de garantizar una resistencia mecánica adecuada del molde de colada. Para la producción de moldes de fundición se usa entonces una materia prima moldeable, ignífuga, la cual se ha tratado con un aglutinante adecuado. La materia prima moldeable, ignífuga, se presenta preferiblemente en una forma capaz de esparcirse de tal modo que pueda envasarse en un molde hueco adecuado y pueda compactarse allí. Mediante el aglutinante se genera una consistencia sólida entre las partículas de la materia prima moldeable de tal modo que el molde de colada obtiene la estabilidad mecánica requerida.

25 Los moldes de fundición deben cumplir diversos requisitos. En el caso de la operación misma de colada, primero deben tener una estabilidad suficiente y una resistencia a la temperatura con el fin de que el metal líquido se albergue el molde hueco formado de uno o más moldes (parciales) de colada. Después de iniciar la operación de solidificación, la estabilidad mecánica del molde de colada se garantiza por una capa metálica solidificada que se forma a lo largo de las paredes del molde hueco. El material del molde de colada debe descomponerse ahora bajo la influencia del calor disipado por el metal de una manera que pierde su resistencia mecánica, es decir que se elimina la consistencia entre partículas individuales del material ignífugo. Esto se logra, por ejemplo, descomponiendo el aglutinante bajo el efecto del calor. Después de enfriarse, la pieza colada se sacude y en el caso ideal el material de los moldes de fundición se descompone nuevamente en una arena fina que puede verterse de las cavidades del molde de metal.

35 Para producir los moldes de fundición pueden emplearse aglutinantes tanto orgánicos como inorgánicos, cuyo curado puede efectuarse respectivamente por medio de procesos en frío o en caliente. Como procesos en frío se denominan en este caso procesos que se realizan esencialmente a temperatura ambiente sin calentar el molde de colada. El curado se efectúa en tal caso, la mayoría de las veces, mediante una reacción química que se inicia conduciendo un gas en calidad de catalizador a través del molde que va a curarse. En el caso del proceso en caliente, después de darle forma la mezcla de material moldeable se calienta a una temperatura suficientemente alta con el fin de expulsar, por ejemplo, el solvente contenido en el aglutinante, o con el fin de iniciar una reacción química por la cual cure el aglutinante mediante reticulación, por ejemplo.

En la actualidad, para la producción de moldes de fundición muchas veces se emplean tales aglutinantes orgánicos en los que la reacción de curado se acelera por un catalizador gaseoso o que se curan por reacción con un agente de curado gaseoso. Estos procedimientos se denominan de "Cold-Box".

45 Un ejemplo para la producción de moldes de fundición usando aglutinantes orgánicos es el procedimiento denominado Cold-Box de Ashland. Se trata de un sistema bicomponente. El primer componente consiste en la solución de un polioliol, la mayoría de las veces de una resina fenólica. El segundo componente es la solución de un poliisocianato. De esta manera, según la US 3,409,579 A, se hacen reaccionar ambos componentes conduciendo, después de dar forma, una amina terciaria gaseosa a través de la mezcla de materia prima moldeable y aglutinante.
50 La reacción de curado de los aglomerantes de poliuretano es una poliadición, es decir una reacción sin desprendimiento de productos secundarios, como por ejemplo agua. A las otras ventajas de este procedimiento de Cold-Box pertenecen una buena productividad, exactitud dimensional de los moldes de fundición así como buenas propiedades técnicas como la resistencia de los moldes de fundición, el tiempo de procesamiento de la mezcla de materia prima moldeable y aglutinante, etc.

55 A los procedimientos orgánicos de curado en caliente pertenece el procedimiento de Hot-Box a base de resinas

fenólicas o de furano, el procedimiento de Warm-Box a base de resinas de furano y el procedimiento de Croning a base de resinas de fenol-novolak. En el procedimiento de Hot-Box y en el procedimiento de Warm-Box se procesan resinas líquidas en una mezcla de materia moldeable con un agente de curado latente, activo solamente a temperatura elevada. En el procedimiento Croning las materias primas moldeables como cuarzo, arenas de cromo, circonio, etc. A una temperatura de aproximadamente 100 a 160°C se envuelven con una resina de fenol-novolak líquida a esta temperatura. Como contraparte de la reacción para el curado posterior se adiciona hexametilentetramina. En las tecnologías de curado en caliente arriba mencionadas tiene lugar el moldeamiento y el curado en moldes herramientas que pueden calentarse, que se calientan a una temperatura de hasta 300°C. Independiente del mecanismo de curado, todos los sistemas orgánicos tienen en común que se descomponen térmicamente al envasar el metal líquido al molde de colada y en tal caso pueden liberarse sustancias dañinas como, por ejemplo, benceno, tolueno, xiloles, fenol, formaldehído y productos de craqueo superiores, parcialmente no identificados. De hecho, mediante diversas medidas se ha logrado minimizar estas emisiones aunque no pueden impedirse completamente en el caso de aglutinantes orgánicos. También en el caso de sistemas híbridos inorgánicos-orgánicos que contienen una fracción de compuestos orgánicos, como por ejemplo en el caso del aglutinante empleado en el procedimiento resol-CO₂, surgen tales emisiones indeseadas al fundir los metales.

Con el fin de evitar la emisión de los productos de descomposición durante la operación de fundido deben usarse aglutinantes que se basan en materiales inorgánicos o que a lo sumo tienen una fracción muy pequeña de compuestos orgánicos. Tales sistemas aglutinantes son conocidos desde hace mucho tiempo. Se han desarrollado sistemas aglutinantes que pueden curar mediante introducción de gases. Un sistema de este tipo se describe, por ejemplo, en la GB 782 205, en el cual se usa como aglutinante un silicato alcalino que puede curar introduciendo CO₂. En la DE 199 25 167 se describe una composición alimentadora que contiene como aglutinante silicato alcalino. Además, se han desarrollado sistemas aglutinantes que a temperatura ambiente se autocuran. Un sistema tal, a base de ácido fosfórico y óxidos metálicos, se describe, por ejemplo, en la US 5,582,232. Finalmente, se conocen además sistemas aglutinantes inorgánicos que curan a temperaturas más altas, por ejemplo en un molde herramienta caliente. Tales sistemas aglutinantes que curan en caliente son conocidos, por ejemplo de la US 5,474,606, en la cual se describe un sistema aglutinante compuesto de silicato alcalino y silicato de aluminio.

Los aglutinantes inorgánicos, en comparación con los aglutinantes orgánicos, tienen la desventaja de que los moldes de fundición preparados a partir de éstos tienen consistencias relativamente bajas. Esto se presenta de manera particularmente ostensible inmediatamente después de sacar el molde de colada de la herramienta de molde. En este punto del tiempo son particularmente importantes buenas consistencias para la producción de piezas moldeadas complicadas de paredes delgadas y para su manejo seguro. La razón para las consistencias bajas consiste en primer lugar en que los moldes de fundición todavía contienen agua residual del aglutinante. Tiempos de residencia más largos en la herramienta de molde cerrado caliente ayudan solo de manera limitada puesto que el vapor de agua no puede escapar en suficiente medida. Con el fin de lograr un secamiento completo en lo posible del molde de fundición, en la WO 98/06522 se propone dejar la mezcla de material moldeable, después de desmoldarla, en una caja de núcleos acondicionada térmicamente solo el tiempo para que se forme una capa marginal estable en su forma y firme. Después de abrir la caja de núcleos se retira el molde y a continuación se seca completamente por la acción de microondas. El secamiento adicional es sin embargo costoso, extiende el tiempo de producción del molde de colada y, no en último lugar por costes de energía, también contribuye considerablemente al encarecimiento del proceso de producción.

Otro punto débil de los aglutinantes inorgánicos conocidos hasta ahora es la poca estabilidad de los moldes de fundición producidos con ellos frente a una alta humedad atmosférica. Por esto no puede asegurarse un almacenamiento de los cuerpos moldeados durante un lapso de tiempo prolongado, como en el caso de los aglutinantes orgánicos.

En la EP 1 122 002 se describe un procedimiento que es adecuado para la preparación de moldes de fundición para la fundición de metal. Para la producción del aglutinante se mezcla un hidróxido de metal alcalino, en particular hidróxido de sodio, con un óxido metálico en forma de partículas que puede formar un metalato en presencia del hidróxido de metal alcalino. Las partículas se secan después de que en el borde de las partículas se haya formado una capa del metalato. En el núcleo de las partículas permanece un segmento en el que el óxido metálico no ha reaccionado. Como óxido metálico se usa preferentemente un dióxido de silicio disperso o también un óxido de titanio o un óxido de zinc, de partículas finas.

En la WO 94/14555 se describe una mezcla de materiales moldeables que también es adecuada para la producción de moldes de fundición y que contiene, además de una materia prima moldeable, ignífuga, un aglutinante que se compone de silicato de fosfato o borato, en cuyo caso la mezcla contiene además un material ignífugo en forma de partículas finas. Como material ignífugo también puede usarse, por ejemplo, dióxido de silicio.

En la EP 1 095 719 A2 se describe un sistema aglutinante para arenas moldeables destinado a la preparación de núcleos. El sistema aglutinante a base de silicato alcalino se compone de una solución acuosa de silicato alcalino y una base higroscópica, como por ejemplo hidróxido de sodio, que se adiciona en la proporción de 1:4 hasta 1:6. El silicato alcalino tiene in módulo SiO₂/M₂O de 2,5 a 3,5 y una fracción de sólidos de 20 a 40 %. Con el fin de obtener

5 una mezcla de material moldeable capaz de esparcirse, que pueda envasarse en los complicados moldes de núcleo, así como de controlar las propiedades higroscópicas, el sistema aglutinante contiene además una sustancia tensioactiva como aceite de silicona que tiene un punto de ebullición $\geq 250^{\circ}\text{C}$. El sistema aglutinante se mezcla con un sólido ignífugo adecuado, como arena de cuarzo, y puede inyectarse luego con una máquina inyectora de núcleo a una caja de núcleos. El curado de la mezcla de material moldeable se efectúa extrayendo el agua aún contenida. El secamiento o el curado del molde de fundición también pueden efectuarse por acción de ondas microondas.

10 Las mezclas de material moldeable conocidas hasta ahora para la producción de moldes de fundición tienen además espacio para un mejoramiento de las propiedades, por ejemplo respecto de la consistencia del molde de fundición producido así como respecto de su resistencia frente a la humedad del aire durante un almacenamiento por un lapso de tiempo más largo. Además se aspira a que después de la fundición se logre ya una alta calidad de la superficie de la pieza fundida, de tal modo que el procesamiento posterior de la superficie pueda realizarse con poco costo.

15 El objetivo fundamental de la invención era por lo tanto proporcionar un procedimiento para la producción de moldes de fundición destinados al procesamiento de metal, la cual comprende al menos una materia prima moldeable ignífuga así como un sistema aglutinante a base de silicato alcalino que hace posible la producción de moldes de fundición que presentan una alta firmeza tanto inmediatamente después de moldearse como también durante un almacenamiento por largo tiempo.

Además, la mezcla de material moldeable debe hacer posible la producción de moldes de fundición con los que pueden producirse piezas de fundición que tienen una alta calidad de la superficie, de tal modo que solo se requiere poco procesamiento posterior de las superficies.

20 Este objetivo se logra con un procedimiento que tiene las características de la reivindicación 1. Otras modalidades ventajosas de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes de la patente.

La mezcla de material moldeable para la producción de moldes de fundición destinados al procesamiento de metal comprende al menos: una materia prima moldeable ignífuga; y un aglutinante a base de silicato alcalino.

25 Como materia prima moldeable ignífuga pueden usarse materiales usuales para la producción de moldes de fundición. Son adecuados, por ejemplo, arena de cuarzo o de circonio. Además, también son adecuadas materias primas moldeables ignífugas fibrosas, como por ejemplo fibras de chamota. Otras materias primas moldeables ignífugas adecuadas son, por ejemplo, olivina, arena de mineral de cromo, vermiculita.

30 Además, como materias primas moldeables ignífugas también pueden usarse materiales moldeables sintéticos como, por ejemplo, esferas huecas de silicato de aluminio (llamadas microesferas), perlas de vidrio, granulado de vidrio o materias primas moldeables cerámicas esféricas, conocidas bajo la denominación "Cerabeads" o "Carboaccucast". Estas materias primas moldeables cerámicas esféricas contienen como minerales, por ejemplo, mullita, corundo, β -cristobalita, en diferentes porciones. Como porciones esenciales contienen óxido de aluminio y dióxido de silicio. Composiciones típicas contienen, por ejemplo, Al_2O_3 y SiO_2 en porciones aproximadamente iguales. Además, aún pueden estar contenidos otros componentes en porciones de $<10\%$, como TiO_2 Fe_2O_3 . El diámetro de las microesferas es preferiblemente menor a $1000\ \mu\text{m}$, principalmente menor a $600\ \mu\text{m}$. También son adecuadas las materias primas moldeables ignífugas producidas sintéticamente, como por ejemplo mullita ($x\ \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\ \text{SiO}_2$, con $x = 2$ a 3 , $y = 1$ a 2 ; fórmula ideal: Al_2SiO_5). Estas materias primas moldeables sintéticas no tienen un origen natural y también pueden haber sido sometidas a un procedimiento de moldeo especial como, por ejemplo, en la producción de microesferas huecas de silicato de aluminio, perlas de vidrio o materias primas moldeables cerámicas en forma de esferas.

45 Como materias primas moldeables ignífugas sintéticas se usan preferiblemente materiales de vidrio. Estos se emplean principalmente ya sea como esferas de vidrio o como granulado de vidrio. Como vidrio pueden usarse vidrios usuales, en cuyo caso se prefieren vidrios que muestran un punto de fusión alto. Son adecuados, por ejemplo, perlas de vidrio y/o granulado de vidrio que se produce a partir de vidrio roto. Asimismo son adecuados vidrios de borato. La composición de tales vidrios se indica, a manera de ejemplo en la siguiente tabla.

Tabla: Composición de vidrios

Componente	Fractura de vidrio	Vidrio de borato
SiO_2	50 - 80 %	50 - 80 %
Al_2O_3	0 - 15 %	0 - 15 %
Fe_2O_3	$< 2\%$	$< 2\%$
$\text{M}^{\text{I}}\text{O}$	0 - 25 %	0 - 25 %
$\text{M}^{\text{II}}\text{O}$	5 - 25 %	1 - 10 %
B_2O_3		$< 15\%$
Otros	$< 10\%$	$< 10\%$

(continuación)

Componente	Fractura de vidrio	Vidrio de borato
M ^{II} : metal alcalino-térreo, por ejemplo Mg, Ca, Ba		
M ^I : metal alcalino, por ejemplo Na, K		

Además de los vidrios relacionados en la tabla también pueden usarse, sin embargo, otros vidrios cuyo contenido de los compuestos arriba mencionados se encuentra por fuera de los rangos mencionados. También pueden usarse vidrios especiales que también contienen otros elementos o sus óxidos, aparte de los óxidos mencionados.

El diámetro de la esfera de vidrio es preferiblemente menor a 1000 μm , principalmente menor a 600 μm .

En ensayos de fundición con aluminio se encontró que al usar materias primas moldeables sintéticas, ante todo perlas de vidrio, granulado de vidrio o microesferas, después de fundir queda adherida menos arena de moldeo en la superficie del metal que al usar arena de cuarzo puro. El empleo de materias primas moldeables sintéticas hace posible, por lo tanto, la generación de superficies de fundición más lisas, en cuyo caso no se requiere, o se requiere pero en una medida considerablemente baja, un tratamiento posterior costoso por chorro.

No es indispensable formar toda la materia prima moldeable a partir de las materias primas moldeables sintéticas. La fracción preferida de las materias primas moldeables sintéticas se encuentra en al menos aproximadamente 3 % en peso, particularmente preferible en al menos 5 % en peso, principalmente preferible en al menos 10 % en peso, preferentemente en al menos aproximadamente 15 % en peso, particularmente preferible en al menos aproximadamente 20 % en peso, respecto de la cantidad total de la materia prima moldeable ignífuga. La materia prima moldeable ignífuga tiene preferentemente un estado capaz de esparcirse, de tal manera que la mezcla de material moldeable de la invención puede procesarse en máquinas de inyección de núcleo usuales.

Como otros componentes, la mezcla de material moldeable de la invención comprende un aglutinante a base de silicato alcalino. Como silicato alcalino pueden usarse silicatos alcalinos usuales, tal como ya se han usado hasta ahora como aglutinantes en mezclas de material moldeable. Estos silicatos alcalinos contienen silicatos de sodio o potasio disueltos y pueden prepararse disolviendo silicatos de potasio y sodio vídriosos en agua. El silicato alcalino tiene preferentemente un módulo $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ en el rango de 1,6 a 4,0, principalmente 2,0 a 3,5, en cuyo caso M representa sodio y/o potasio. Los silicatos alcalinos tienen preferentemente una fracción de sólidos en el rango de 30 a 60 % en peso. La fracción de sólidos se refiere a la cantidad contenida en el silicato alcalino de SiO_2 y M_2O .

Según la invención, la mezcla de material moldeable contiene una fracción de un óxido de metal en forma de partículas. El tamaño de partícula de estos óxidos de metal es preferentemente menor a 300 μm , preferible menor a 200 μm , principalmente preferible menor a 100 μm . El tamaño de partícula puede determinarse mediante análisis granulométrico con tamices. Particularmente preferible, el residuo de tamizado en un tamiz con un tamaño de malla de 63 μm es de menos de 10 % en peso, preferentemente de menos de 8 % en peso.

El óxido de metal en forma de partículas es dióxido de silicio producido de manera sintética, usándose preferentemente ácido silícico de precipitación y/o ácido silícico pirógeno. El ácido silícico de precipitación se obtiene mediante reacción de una solución acuosa de silicato alcalino con ácidos minerales. El precipitado producido en tal caso a continuación se separa, se seca, y se muele. Por ácidos silícicos pirógenos se entienden ácidos silícicos que se recuperan de la fase gaseosa mediante coagulación a altas temperaturas. La preparación de ácidos silícicos pirógenos puede efectuarse, por ejemplo, mediante hidrólisis por flama de tetracloruro de silicio o en un horno de arco eléctrico mediante reducción de arena de cuarzo con coque o antracita en gas de monóxido de silicio, seguida por oxidación a dióxido de silicio. Los ácidos silícicos pirógenos producidos según el procedimiento de horno de arco eléctrico pueden contener además carbono. Los ácidos silícicos de precipitación y los ácidos silícicos pirógenos son bien adecuados para la mezcla de material moldeable según la invención. Estos ácidos silícicos se denominan en lo sucesivo "dióxido de silicio amorfo sintético".

Los inventores suponen que el silicato fuertemente alcalino puede reaccionar con los grupos silanol ubicados en la superficie del dióxido de silicio amorfo, producido sintéticamente y que al evaporar el agua se produce un compuesto intenso entre el dióxido de silicio y el silicato alcalino entonces sólido.

La mezcla de material moldeable según la invención representa una mezcla intensa de al menos los componentes mencionados. En tal caso, las partículas de la materia prima moldeable ignífuga se recubren preferentemente con una capa del aglutinante. Evaporando el agua presente en el aglutinante (cerca de 40 - 70 % en peso, respecto del peso del aglutinante), puede lograrse luego una cohesión firme entre las partículas de la materia prima moldeable ignífuga.

El aglutinante, es decir el silicato alcalino y el óxido de metal en forma de partículas, es decir, el dióxido de silicio amorfo sintético en forma de partículas está contenido en la mezcla de material moldeable preferiblemente en una fracción de menos de 20 % en peso. Si se usan materias primas moldeables masivas, como por ejemplo arena de

cuarzo, el aglutinante está contenido preferentemente en una fracción de menos de 10 % en peso, preferiblemente de menos de 8 % en peso, principalmente preferible menos de 5 % en peso. Si se usan materias primas moldeables ignífugas, que tienen una baja densidad, como por ejemplo las microesferas huecas arriba descritas, se eleva la fracción del aglutinante de manera correspondiente.

- 5 El óxido de metal en forma de partículas, es decir, el dióxido de silicio amorfo, sintético, está contenido, respecto del peso del aglutinante, preferentemente en una fracción de 2 a 60 % en peso, preferentemente entre 3 y 50 % en peso, principalmente preferible entre 4 y 40 % en peso.

La proporción de silicato alcalino a óxido de metal en forma de partículas, es decir, dióxido de silicio amorfo, sintético, puede variar dentro de rangos amplios. Esto ofrece la ventaja de mejorar la firmeza inicial del molde fundición, es decir la firmeza inmediatamente de sacarlo de la herramienta de molde caliente y la resistencia ante la humedad, sin afectar esencialmente las firmezas finales, es decir las firmezas después de enfriar el molde de fundición, en comparación con un aglutinante de silicato alcalino con dióxido de silicio amorfo. Esto es de gran interés ante todo en la fundición de metal ligero. Por un lado se desean altas firmezas iniciales con el fin de transportarlos sin problemas después de la producción del molde de fundición o de poder juntarse con otros moldes de fundición. Por otro lado, la resistencia final después del curado no debe ser demasiado alta con el fin de evitar dificultades al descomponerse el aglutinante después del vaciado, es decir el material de moldeo debe poder retirarse sin problemas después de la fundición de los espacios huecos del molde de fundición.

La materia prima moldeable contenida en la mezcla de material moldeable puede contener en una modalidad de la invención al menos una porción de microesferas huecas. El diámetro de las microesferas huecas se encuentra normalmente en el rango de 5 a 500 μm , preferentemente en el rango de 10 a 350 μm y el espesor de la cubierta se encuentra habitualmente en el rango de 5 a 15 % del diámetro de las microesferas. Estas microesferas tienen un peso específico muy bajo, de tal modo que los moldes de fundición producidos usando microesferas tienen un peso bajo. Es particularmente ventajoso el efecto aislante de las microesferas huecas. Entonces, las microesferas huecas se usan por lo tanto principalmente para la producción de moldes de fundición cuando estos deben tener un efecto aislante elevado. Tales moldes de fundición son, por ejemplo, los alimentadores descritos ya en la introducción, los cuales actúan como reservorio de compensación y contienen metal líquido, en cuyo caso el metal debe obtenerse en un estado líquido por tanto tiempo hasta que el metal envasado en el molde hueco se solidifique. Otro campo de aplicación de los moldes de fundición que contienen microesferas huecas son, por ejemplo, segmentos de un molde de fundición, que corresponden a segmentos de pared particularmente delgada del molde de fundición terminado. Mediante el efecto aislante de las microesferas huecas se asegura que el metal en los segmentos de paredes delgadas no se solidifica antes de tiempo y de esta manera las vías dentro del molde de fundición no se taponan.

Si se usan microesferas huecas el aglutinante se usa, debido a la baja densidad de estas microesferas huecas, preferentemente en una fracción en el rango de preferentemente menor a 20 % en peso, principalmente preferible en el rango de 10 a 18 % en peso.

35 Las microesferas huecas se componen preferentemente de un silicato de aluminio. Estas microesferas huecas de silicato de aluminio tienen preferentemente un contenido de óxido de aluminio de más de 20 % en peso, aunque también pueden tener un contenido de más de 40 % en peso. Tales microesferas huecas se comercializan, por ejemplo, por la Omega Minerals Germany GmbH, Norderstedt, bajo las denominaciones OmegaSpheres® SG con un contenido de óxido de aluminio de aproximadamente 28 - 33 %, Omega-Spheres® WSG con un contenido de óxido de aluminio de aproximadamente 35 - 39 % y E-Spheres® con un contenido de óxido de aluminio de aproximadamente 43 %. Productos correspondientes pueden obtenerse en la PQ Corporation (USA) bajo la denominación "Extendospheres®".

Según otra modalidad se usan microesferas huecas como materia prima moldeable ignífuga que están compuestas de vidrio.

45 Según una modalidad particularmente preferida, las microesferas huecas se componen de un vidrio de silicato de boro. El vidrio de silicato de boro tiene en tal caso una fracción de boro, calculado como B_2O_3 , de más de 3 % en peso. La fracción de las microesferas huecas se selecciona preferentemente menor a 20 % en peso, respecto de la mezcla de material moldeable. Al usar microesferas huecas de vidrio de silicato de boro se selecciona preferiblemente una fracción más pequeña. Esta es preferentemente menor a 5 % en peso, preferible menor a 3 % en peso, y se encuentra principalmente preferible en el rango de 0,01 a 2 % en peso.

Como ya se explicó, la mezcla de material moldeable según la invención, en una modalidad preferida, contiene una porción de vidrio granulado y/o perlas de vidrio en calidad de materia prima moldeable ignífuga.

55 También es posible formar la mezcla de material moldeable como mezcla de material moldeable exotérmica que es adecuada, por ejemplo, para la producción de alimentadores exotérmicos. Para esto, la mezcla de material moldeable contiene un metal oxidable y un agente de oxidación adecuado. Respecto de la masa total de la mezcla

de material moldeable, los metales oxidables constituyen preferiblemente una fracción de 15 a 35 % en peso. El agente de oxidación se adiciona preferiblemente en una fracción de 20 a 30 % en peso, respecto de la mezcla de material moldeable. Metales oxidables adecuados son, por ejemplo, aluminio o magnesio. Agentes de oxidación adecuados son, por ejemplo, óxido de hierro o nitrato de potasio.

- 5 Los aglutinantes que contienen agua, en comparación con aglutinantes a base de solventes orgánicos, tienen una peor capacidad de flujo. Esto significa que las herramientas de molde con pasos estrechos y varias desviaciones pueden cargarse peor. Como consecuencia de esto, los moldes de fundición poseen sectores con una compactación insuficiente lo cual a su vez conduce a errores de fundición durante la colada. Según una forma de realización ventajosa la mezcla de material moldeable según la invención contiene una fracción de lubricantes con forma de
10 escamas, principalmente grafito o MoS₂. Sorprendentemente se ha mostrado que al adicionar lubricantes de este tipo, principalmente grafito, también pueden producirse formas complejas con segmentos de paredes delgadas, en cuyo caso los moldes de fundición tienen en general una densidad y una firmeza altas de manera uniforme de tal modo que al fundir no se observaron esencialmente defectos de fundición. La cantidad del lubricante adicionado que tiene forma de escamas, principalmente de grafito, es preferentemente de 0,1 % en peso a 1 % en peso, respecto de
15 la materia prima moldeable.

Además de los componentes mencionados, la mezcla de material moldeable según la invención también puede comprender otros aditivos. Por ejemplo, pueden adicionarse agentes de separación interna que facilitan el desprendimiento de los moldes de fundición de la herramienta de molde. Agentes de separación interna adecuados son, por ejemplo, estearato de calcio, ésteres de ácido graso, ceras, resinas naturales o resinas alquídicas especiales. Además, también pueden adicionarse silanos a la mezcla de material moldeable según la invención. De esta manera, en una forma de realización preferida, la mezcla de material moldeable según la invención contiene un aditivo orgánico que presenta un punto de fusión en el rango de 40 a 180 °C, preferentemente 50 a 175 °C, es decir que es sólido a temperatura ambiente. En este caso se entienden por aditivos orgánicos los compuestos cuya estructura molecular está compuesta de manera preponderante de átomos de carbono, es decir, por ejemplo,
20 polímeros orgánicos. Adicionando los aditivos orgánicos puede mejorarse adicionalmente la calidad de superficie de la pieza de fundición. El mecanismo de acción de los aditivos orgánicos no se ha clarificado. Sin querer estar comprometidos con esta teoría, los inventores suponen, sin embargo, que por lo menos una parte de los aditivos orgánicos se quema durante la operación de fundición y en tal caso se genera un colchón delgado de gas entre el metal líquido y el material moldeable que forma la pared del molde de fundición y de esta manera se impide una
25 reacción entre el metal líquido y el material moldeable. Los inventores suponen también que una parte de los aditivos orgánicos a la atmósfera reductora que rige al fundir forma una capa delgada del, así llamado, carbono brillante el cual igualmente impide una reacción entre el metal y el material moldeable. Como otro efecto ventajoso puede lograrse un incremento de la consistencia del molde de fundición después del curado adicionando aditivos orgánicos.

- 35 Los aditivos orgánicos se adicionan preferiblemente en una cantidad de 0,01 a 1,5 % en peso, principalmente preferible de 0,05 a 1,3 % en peso, particularmente preferible de 0,1 a 1,0 % en peso, cada caso respecto del material moldeable.

Sorprendentemente se ha encontrado que puede lograrse un mejoramiento de la superficie de la pieza de fundición con aditivos orgánicos muy diversos. Aditivos orgánicos adecuados son, por ejemplo, resinas de fenol-formaldehído, como por ejemplo novolakas, resinas epóxicas como, por ejemplo, resinas bisfenol-A-epóxicas, resinas bisfenol-F-epóxicas o novolakas epoxidadas, polioles como, por ejemplo, polietilenglicoles o polipropilenglicoles, poliolefinas como, por ejemplo, polietileno o polipropileno, copolímeros de olefinas como etileno o propileno, y otros comonomeros como acetato de vinilo, poliamidas como, por ejemplo poliamida-6, poliamida-12 o poliamida-6,6, resinas naturales como, por ejemplo, resina de bálsamo, ésteres de ácido graso como, por ejemplo, palmitato de cetilo, amidas de ácido graso como, por ejemplo, etilendiamino bis estearamida, así como jabones de metal como, por ejemplo, estearatos u oleatos de metales bi- o trivalentes. Los aditivos orgánicos pueden estar contenidos tanto como materia pura, como también como mezcla de diversos compuestos orgánicos.

Según otra forma preferida de realización la mezcla de material moldeable según la invención contiene una fracción de por lo menos un silano. Silanos adecuados son, por ejemplo, aminosilanos, epoxisilanos, mercaptosilanos, hidroxisilanos y ureidosilanos. Ejemplos de silanos adecuados son γ -aminopropil-trimetoxisilano, γ -hidroxipropiltrimetoxisilano, 3-ureidopropiltri-tetoxisilano, γ -mercaptopropiltrimetoxisilano, γ -glicidoxipropiltrimetoxisilano, β -(3,4-epoxiciclohexil)trimetoxisilano y N-(aminoetil)- γ -aminopropiltrimetoxisilano.

Respecto del óxido metálico en forma de partículas se emplean normalmente cerca de 5 - 50 % de silano, preferentemente cerca de 7 - 45 %, particularmente preferible cerca de 10 - 40 %.

- 55 A pesar de la alta firmeza que puede lograrse con el aglutinante según la invención, los moldes de fundición producidos con la mezcla de material moldeable según la invención, principalmente núcleos y moldes, muestran después de la colada una buena descomposición, principalmente en la fundición de aluminio. Sin embargo, el uso de los cuerpos moldeados producidos a partir de la mezcla de material moldeable según la invención no se limita a la

fundición de metal ligero. Los moldes de fundición son adecuados en general para fundir metales. Tales metales son, por ejemplo, metales no ferrosos como latón o bronce, así como los metales ferrosos. La invención se refiere a un procedimiento para la producción de moldes de fundición, para el procesamiento de metal, donde se usa la mezcla de material moldeable de la invención. El procedimiento según la invención comprende los pasos:

- 5 - preparar la mezcla de material moldeable arriba descrita;
- moldear la mezcla de material moldeable;
- curar la mezcla de material moldeable, calentando la mezcla de material moldeable, en cuyo caso se obtiene el molde fundición curado.

10 Al prepara la mezcla de material moldeable según la invención en general se procede de tal manera que primero se carga la materia prima moldeable ignífuga y luego se adiciona el aglutinante revolviendo. En tal caso, el silicato alcalino y el óxido de metal en forma de partículas, es decir, el dióxido de silicio amorfo sintético, se adicionan en cualquier secuencia. Sin embargo, es ventajoso adicionar el componente líquido primero. La adición se efectúa revolviendo vigorosamente de tal modo que el aglutinante se distribuya de manera uniforme en la materia prima moldeable ignífuga y la recubre.

15 La mezcla de material moldeable se lleva a continuación a la forma deseada. En tal caso, para moldear se usan procedimientos usuales. Por ejemplo, la mezcla de material moldeable puede inyectarse a la herramienta de molde por medio de una máquina de inyección de núcleo con ayuda de aire comprimido. La mezcla de material moldeable se cura a continuación introduciendo calor con el fin de evaporar el agua contenida en el aglutinante. El calentamiento puede efectuarse, por ejemplo, en la herramienta de molde. Es posible curar completamente el molde de fundición ya en la herramienta de molde. Pero también es posible curar el molde de fundición solo en su región marginal, de modo que tenga una firmeza suficiente para poder sacarse de la herramienta de molde. El molde de fundición puede curarse completamente a continuación extrayéndole más agua. Esto puede efectuarse, por ejemplo, en un horno. La extracción de agua puede efectuarse evaporando el agua a presión reducida.

20 La curación del molde de fundición se acelera introduciendo aire caliente a la herramienta de molde. En esta modalidad del procedimiento se logra una salida rápida del agua contenida en el aglutinante, por lo cual el molde de fundición se solidifica en lapsos de tiempo adecuados para una aplicación industrial. La temperatura del aire introducido es preferentemente de 100°C a 180°C, principalmente preferible de 120°C a 150°C. La velocidad de flujo del aire caliente se ajusta de tal manera que se efectúa un curado del molde de fundición en lapsos de tiempo adecuados para una aplicación industrial. Los lapsos de tiempo dependen del tamaño de los moldes de fundición producidos. Se pretende un curado en un lapso de tiempo menor a 5 minutos, preferentemente menor a 2 minutos. Aunque en el caso de moldes de fundición muy grandes también pueden requerirse lapsos de tiempo más largos.

25 La eliminación del agua de la mezcla de material moldeable también puede realizarse de tal manera que el calentamiento de la mezcla de material moldeable se efectúe por irradiación de microondas. Sin embargo, la irradiación de las microondas se realiza preferiblemente después que el molde fundición se haya sacado de la herramienta de molde. Aunque para esto el molde fundición debe presentar ya una firmeza suficiente. Como ya se ha explicado, esto puede realizarse, por ejemplo, curando ya en la herramienta de molde por lo menos una cubierta exterior del molde fundición.

30 Como ya se ha explicado más arriba, adicionando lubricantes con forma de escamas, principalmente grafito y/o MoS₂, puede mejorarse la capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable según la invención. Durante la producción puede adicionarse el lubricante en forma de escamas, principalmente grafito, por separado de los dos componentes del aglutinante, a la mezcla de material moldeable. En tal caso es igualmente bien posible que el lubricante en forma de escamas, principalmente grafito, se mezcle con el óxido de metal en forma de partículas, es decir, el dióxido de silicio amorfo sintético y solo entonces se mezcle con el silicato alcalino y la materia prima moldeable ignífuga.

35 Si la mezcla de material moldeable comprende un aditivo orgánico, entonces la adición del aditivo orgánico puede efectuarse en cualquier punto de tiempo de la preparación de la mezcla de material moldeable. La adición del aditivo orgánico puede efectuarse en masa o también en forma de una solución.

40 Los aditivos orgánicos hidrosolubles pueden emplearse en forma de una solución acuosa. En tanto los aditivos orgánicos sean solubles en el aglutinante y sean estables durante el almacenamiento por varios meses sin descomponerse, estos también pueden disolverse en el aglutinante y de esta manera, conjuntamente, adicionarse al material moldeable. Los aditivos insolubles en agua pueden usarse en forma de una dispersión o de una pasta. Las dispersiones o pastas contienen preferiblemente agua en calidad de solvente. Las soluciones o pastas de los aditivos orgánicos también pueden prepararse en solventes inorgánicos. Sin embargo, para la adición de los aditivos orgánicos se usa un solvente, preferentemente se emplea agua.

La adición de los aditivos orgánicos se efectúa preferentemente como polvo o fibras cortas, en cuyo caso el tamaño de partícula promedio o la longitud de fibra promedio se selecciona preferiblemente de tal modo que no sobrepase el tamaño de las partículas de material moldeable. Particularmente preferible, los aditivos orgánicos pueden tamizarse a través de un tamiz con el tamaño de malla de aproximadamente 0,3 mm. Con el fin de reducir el número de los componentes adicionados al material moldeable, el óxido metálico en forma de partículas o los aditivos orgánicos preferentemente no se adicionan por separado a la arena moldeable, sino que se mezclan previamente.

Si la mezcla de material moldeable contiene silanos, entonces la adición de los silanos se efectúa usualmente en la forma en que se han incorporado previamente al aglutinante. Pero los silanos también pueden adicionarse al material moldeable como componentes separados. Sin embargo, es particularmente ventajoso silanizar el óxido metálico en forma de partículas, es decir mezclar el óxido metálico con el silano de modo que su superficie esté provista con una capa delgada de silano. Si se emplea el óxido metálico en forma de partículas tratado previamente de esta manera, entonces en comparación con el óxido metálico sin tratar se encuentran firmezas incrementadas así como una resistencia mejorada frente a una alta humedad del aire. Si, tal como se ha descrito, a la mezcla de material moldeable o al óxido metálico en forma de partículas se adiciona un aditivo orgánico, es conveniente hacer esto antes de la silanización.

El procedimiento según la invención es adecuado para la preparación de todos los moldes de fundición usuales para la fundición de metal, es decir por ejemplo de núcleos y moldes. Principalmente al adicionar materia prima moldeable ignífuga aislante o al adicionar materiales exotérmicos a la mezcla de material moldeable según la invención es adecuado el procedimiento según la invención para la producción de alimentadores.

Los moldes de fundición producidos con el procedimiento según la invención tienen una alta firmeza inmediatamente después de la producción sin que la firmeza de los moldes de fundición sea tan alta después del curado que se presenten dificultades después de la producción de la pieza fundida al retirar el molde de fundición. Además, estos moldes de fundición tienen una alta estabilidad ante una alta humedad del aire, es decir los moldes de fundición pueden almacenarse durante un tiempo más largo sin problemas. Otro objeto de la invención es, por lo tanto, un molde de fundición que se haya obtenido según el procedimiento de la invención arriba descrito.

El molde de fundición producido según el procedimiento según la invención es adecuado en general para la fundición de metal, principalmente la fundición de metal ligero. Resultados particularmente ventajosos se obtienen en el caso de fundición de aluminio.

En lo sucesivo la invención se explica en mayor detalla por medio de ejemplos así como haciendo referencia a las figuras adjuntas.

La Fig. 1 muestra un corte transversal a través de una herramienta de molde usada para verificar la capacidad de flujo;

La Fig. 2 muestra un corte transversal a través de un molde de fundición que se ha utilizado para la verificación de la mezcla de material moldeable según la invención.

Ejemplo 1

Influencia de dióxido de silicio amorfo, preparado sintéticamente en la firmeza de cuerpos moldeados con arena de cuarzo como materia prima moldeable

1. Preparación y verificación de la mezcla de material moldeable

Para la verificación de la mezcla de material moldeable se prepararon las llamadas barras de prueba de Georg-Fischer. Por barras de prueba de Georg-Fischer se entienden barras de prueba paralelepípedas con las dimensiones 150 mm x 22,36 mm x 22,36 mm.

La composición de la mezcla de material moldeable se indica en la Tabla 1. Para la producción de las barras de Georg-Fischer se procedió como sigue:

- Los componentes listados en la Tabla 1 se mezclaron en un mezclador de paletas de laboratorio (Firma Vogel & Schemmann AG, Hagen, DE). Para esto, primero se cargó la arena de cuarzo y se adicionó el silicato alcalino revolviendo. Como silicato alcalino se usó un silicato de sodio que tenía fracciones de potasio. Por lo tanto, en las siguientes tablas se indica el módulo con $\text{SiO}_2 : \text{M}_2\text{O}$, en cuyo caso M indica la suma de sodio y potasio. Después de que la mezcla se hubo revuelto por un minuto, el dióxido de silicio amorfo se adicionó opcionalmente (según ejemplos de la invención) mientras se seguía revolviendo. La mezcla se revolvió a continuación además por un minuto más.;

ES 2 769 603 T3

- Las mezclas de material moldeable se transfirieron al depósito de una máquina inyectora de núcleo hot-box H 2,5 de la empresa Röperwerk- Gießereimaschinen GmbH, Viersen, Alemania, su herramienta de molde se calentó a 200°C;
- 5 - Las mezclas de material moldeable se introdujeron por medio de aire comprimido (5 bar) a la herramienta de molde y permanecieron por otros 35 segundos en la herramienta de molde;
- Para acelera el curado de las mezclas durante los últimos 20 segundos se condujo aire caliente (2 bar, 120°C al entrar a la herramienta) a través de la herramienta de molde;
- La herramienta de molde se abrió y se sacó la barra de prueba.

10 Para determinar las firmezas ante la flexión, la barra de prueba se puso en un aparato de ensayo de firmeza Georg-Fischer, equipado con un dispositivo de flexión de 3 puntos (DISA Industrie AG, Schaffhausen, Suiza) y se midió la fuerza que condujo a la fractura de la barra de prueba.

Las firmezas ante la flexión se midieron según el siguiente esquema:

- 10 segundos después de sacarla (firmeza en caliente);
- cerca de 1 hora después de sacarla (firmeza en frío);
- 15 - después de 3 horas de almacenamiento de los núcleos enfriados en la estufa climatizada a 25°C y 75 % de humedad relativa de aire.

Las firmezas ante la flexión medidas se recopilan en la Tabla 2.

Tabla 1

Composición de las mezclas de material moldeable				
	Arena de cuarzo H 32	Silicato alcalino	Dióxido de silicio amorfo	
1.1	100 GT	2,5 GT ^{a)}	-	Comparación, no es de la invención
1.2	100 GT	2,5 GT ^{b)}	-	Comparación, no es de la invención
1.3	100 GT	2,5 GT ^{c)}	-	Comparación, no es de la invención
1.4	100 GT	2,5 GT ^{a)}	0,2 GT ^{d)}	De acuerdo con la invención
1.5	100 GT	2,5 GT ^{a)}	0,6 GT ^{d)}	De acuerdo con la invención
1.6	100 GT	2,5 GT ^{a)}	1,0 GT ^{d)}	De acuerdo con la invención
1.7	100 GT	2,5 GT ^{a)}	1,5 GT ^{d)}	De acuerdo con la invención
1.8	100 GT	2,5 GT ^{b)}	0,2 GT ^{d)}	De acuerdo con la invención
1.9	100 GT	2,5 GT ^{c)}	0,2 GT ^{d)}	De acuerdo con la invención
1.10	100 GT	2,5 GT ^{a)}	0,2 GT ^{e)}	De acuerdo con la invención
1.11	100 GT	2,5 GT ^{a)}	0,2 GT ^{f)}	De acuerdo con la invención
^{a)} silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 2,3 ^{b)} silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 3,35 ^{c)} silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 2,03 ^{d)} Elkem Microsilica 971 (ácido silícico pirógeno; preparación en horno de arco eléctrico) ^{e)} Degussa Sipernat 360 (ácido silícico de precipitación) ^{f)} Wacker HDK N 20 (ácido silícico pirógeno, preparación mediante hidrólisis por llama)				

20

Tabla 2

Firmezas ante la flexión				
	Firmezas al calor [N/cm ²]	Firmezas al frío [N/cm ²]	Después de almacenamiento en la estufa climatizada [N/cm ²]	
1.1	80	490	30	Comparación, no es de la invención
1.2	110	220	210	Comparación, no es de la invención
Firmezas ante la flexión				

(continuación)

	Firmezas al calor [N/cm ²]	Firmezas al frío [N/cm ²]	Después de almacenamiento en la estufa climatizada [N/cm ²]	
1.3	60	400	110	Comparación, no es de la invención
1.4	105	570	250	de acuerdo con la invención
1.5	185	670	515	de acuerdo con la invención
1.6	250	735	690	de acuerdo con la invención
1.7	315	810	700	de acuerdo con la invención
1.8	140	280	270	de acuerdo con la invención
1.9	90	510	170	de acuerdo con la invención
1.10	95	550	280	de acuerdo con la invención
1.11	110	540	290	de acuerdo con la invención

2. Resultado

a) Influencia de la cantidad de dióxido de silicio amorfo adicionada

- 5 En los ejemplos 1.4 a 1.7 a las mezclas de material moldeable se adicionaron cantidades crecientes de dióxido de silicio amorfo el cual había sido preparado en el horno de arco eléctrico. La cantidad de materia prima moldeable así como de silicato alcalino se mantuvo respectivamente constante. En el ejemplo de comparación 1.1 se preparó una mezcla de material moldeable que tenía una composición igual a las mezclas de material moldeable de los ejemplos 1.4 a 1.7, aunque en cuyo caso no se había adicionado dióxido de silicio amorfo.
- 10 Los resultados de la tabla 2 muestran que la adición de dióxido de silicio producido en el arco eléctrico ostensiblemente incremento la firmeza ante la flexión de la barra de prueba. Particularmente fuerte se incrementa en este caso la firmeza ante la flexión de la barra de prueba en una medición después de almacenar en una estufa climatizada a humedad del aire incrementada. Esto significa que las barras de prueba preparadas con la mezcla de material moldeable según la invención también mantienen su firmeza después de un almacenamiento por largo tiempo. Cantidades crecientes de dióxido de silicio amorfo adicionado conducen a crecientes firmezas ante la flexión. En tal caso, en las firmezas ante la flexión medidas después del almacenamiento en la estufa climatizada puede observarse primero un fuerte incremento de las firmezas ante la flexión que se reducen con la cantidad creciente de dióxido de silicio amorfo adicionado.

b) Influencia de la proporción SiO₂ : M₂O del silicato alcalino

- 20 En los ejemplos 1.4, 1.8 y 1.9 se procesaron respectivamente cantidades iguales de materia prima moldeable, silicato alcalino y dióxido de silicio amorfo (preparado en el arco eléctrico), aunque en cuyo caso la proporción SiO₂ : M₂O del silicato alcalino haya sido modificado. En los ejemplos comparativos n 1.1, 1.2 y 1.3 se procesaron respectivamente cantidades iguales de materia prima moldeable así como silicato alcalino, aunque en cuyo caso también fue variada la proporción SiO₂ : M₂O del silicato alcalino. Tal como muestran las firmezas a la flexión relacionadas en la tabla 2, el dióxido de silicio amorfo preparado en el horno de arco eléctrico es efectivo independientemente de la proporción SiO₂ : M₂O del silicato alcalino.

c) Influencia del tipo de dióxido de silicio amorfo sintético

- 30 En los ejemplos 1.4, 1.10 y 1.11 se procesaron respectivamente cantidades iguales de materia prima moldeable, silicato alcalino y dióxido de silicio amorfo, aunque en cuyo caso el tipo del dióxido de silicio amorfo sintético fue variado. Las firmezas a la flexión relacionadas en la tabla 2 muestran que los ácidos silícicos precipitados y pirógenos, preparados mediante hidrólisis por llama, son igualmente efectivos como el dióxido de silicio amorfo, preparado en el horno de arco eléctrico.

Ejemplo 2

Influencia de la proporción de silicato alcalino : dióxido de silicio amorfo en las firmezas de cuerpos moldeados a cantidad total constante de aglutinante con arena de cuarzo como materia prima moldeable.

1. Preparación y prueba de la mezcla de material moldeable

5 La preparación de las mezclas de material moldeable y su prueba se efectuaron de manera análoga al ejemplo 1. Las composiciones de las mezclas de material moldeable usadas para la preparación de barras de prueba se relacionan en la tabla 3. Los valores encontrados en los ensayos para la firmeza ante la flexión se recopilan en la tabla 4.

Tabla 3

Composición de las mezclas de material moldeable				
	Arena de cuarzo H 32	Silicato alcalino ^{b)}	Dióxido de silicio amorfo ^{c)}	
2.1 ^{a)}	100 GT	2,5 GT	-	Comparación, no es de la invención
2.2	100 GT	2,3 GT	0,2 GT	de acuerdo con la invención
2.3	100 GT	1,9 GT	0,6 GT	de acuerdo con la invención
2.4	100 GT	1,5 GT	1,0 GT	de acuerdo con la invención
^{a)} corresponde al ensayo 1.1				
^{b)} silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 2,3				
^{c)} Elkem Microsilica 971				

10

Tabla 4

Firmezas frente a la flexión				
	Firmezas al calor [N/cm ²]	Firmezas al frío [N/cm ²]	Después de almacenamiento en la estufa climatizada [N/cm ²]	
2.1	80	490	30	Comparación, no es de la invención
2.2	90	505	220	de acuerdo con la invención
2.3	160	505	390	de acuerdo con la invención
2.4	185	470	380	de acuerdo con la invención

2. Resultado

15 Variando la proporción silicato alcalino : dióxido de silicio amorfo manteniendo la cantidad total de silicato alcalino y de dióxido de silicio amorfo, pueden mejorarse las firmezas al calor y la resistencia ante una humedad del aire alta, sin incrementar simultáneamente las firmezas ante el frío.

Ejemplo 3

Influencia de silanos en las firmezas de los cuerpos moldeados

1. Preparación y prueba de las mezclas de material moldeable

20 La preparación de las mezclas de material moldeable y su prueba se efectuaron de manera análoga al ejemplo 1. La composición de las mezclas de material moldeable usadas para la preparación de la barras de prueba se relacionan en la tabla 5. Los valores encontrados en los ensayos para la firmeza ante la flexión se recopilan en la Tab. 6.

Tabla 5

Composición de las mezclas de material moldeable					
	Arena de cuarzo H 32	Silicato alcalino ^{c)}	Dióxido de silicio amorfo ^{d)}	Silano	
3.1 ^{a)}	100 GT	2,5 GT	---	---	Comparación, no es de la invención
3.2 ^{b)}	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	---	de acuerdo con la invención
3.3	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,02 GT ^{e)}	de acuerdo con la invención
3.4	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,08 GT ^{e)}	de acuerdo con la invención

(continuación)

Composición de las mezclas de material moldeable					
	Arena de cuarzo H 32	Silicato alcalino ^{c)}	Dióxido de silicio amorfo ^{d)}	Silano	
3.5	100 GT	2, 5 GT	0,2 GT	0,02 GT ^{f)}	de acuerdo con la invención
^{a)} corresponde al ensayo 1.1 ^{b)} corresponde al ensayo 1.4 ^{c)} silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 2,3 ^{d)} Elkem Microsilica 971 ^{e)} Dynasilan Glymo (Degussa AG), mezclado con el dióxido de silicio amorfo antes del ensayo ^{f)} Dynasilan Ameo T (Degussa AG), mezclado con el dióxido de silicio amorfo antes del ensayo					

Tabla 6

Firmezas ante la flexión				
	Firmezas al calor [N/cm ²]	Firmezas al frío [N/cm ²]	Después de almacenamiento en la estufa climatizada [N/cm ²]	
3.1	80	490	30	Comparación, no es de la invención
3.2	105	570	250	de acuerdo con la invención
3.3	120	620	300	de acuerdo con la invención
3.4	140	670	400	de acuerdo con la invención
3.5	125	650	380	de acuerdo con la invención

5 2. Resultado

Los ejemplos 3.3-3.5 muestran que la adición de silano tiene un efecto positivo en las firmezas, ante todo respecto de la resistencia frente a la humedad del aire.

Ejemplo 4

Influencia del dióxido de silicio en las firmezas de los cuerpos moldeados con materias primas moldeables sintéticas

10 1. Preparación y prueba de la mezcla de material moldeable

La preparación de las mezclas de material moldeable y su ensayo se efectuaron según el ejemplo 1. Las composiciones de las mezclas de material moldeable usadas para la preparación de barras de ensayo se relacionan en la tabla 7. Los valores encontrados en los ensayos para las firmezas ante la flexión se recopilan en la tabla 8.

Tabla 7

Composición de las mezclas de material moldeable				
	Materia prima moldeable	Silicato alcalino ^{d)}	Dióxido de silicio amorfo ^{e)}	
4.1	Microesferas huecas de silicato de aluminio ^{a)} 100 GT	14 GT	-	Comparación, no es de la invención
4.2	Microesferas huecas de silicato de aluminio ^{a)} 100 GT	14 GT	1,5 GT	de acuerdo con la invención
4.3	Microesferas huecas de silicato de aluminio ^{a)} 100 GT	14 GT	3,0 GT	de acuerdo con la invención
4.4	Esferas cerámicas ^{b)} 100 GT	2,5 GT	-	Comparación, no es de la invención
4.5	Esferas cerámicas ^{b)} 100 GT	2,5 GT	0,2 GT	de acuerdo con la invención
4.6	Perlas de vidrio ^{c)} 100 GT	2,5 GT	-	Comparación, no es de la invención
4.7	Perlas de vidrio ^{c)} 100 GT	2,5 GT	0,2 GT	de acuerdo con la invención

(continuación)

Composición de las mezclas de material moldeable			
	Materia prima moldeable	Silicato alcalino ^{d)}	Dióxido de silicio amorfo ^{e)}
a) Omegaspheres WSG de la empresa Omega Minerals Germany GmbH b) Carbo Accucast LD 50 de la empresa Carbo Ceramics Inc. c) perlas de vidrio 100-200 µm de la empresa Reidt GmbH & Co.KG d) silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 2,3 e) Elkem Microsilica 971			

Tabla 8

Firmezas ante la flexión				
	Firmezas al calor [N/cm ²]	Firmezas al frío [N/cm ²]	Después de almacenamiento en la estufa climatizada [N/cm ²]	
4.1	120	230	descomposición	Comparación, no es de la invención
4.2	160	290	130	de acuerdo con la invención
4.3	200	340	180	de acuerdo con la invención
4.4	70	370	20	Comparación, no es de la invención
4.5	100	470	100	de acuerdo con la invención
4.6	170	650	30	Comparación, no es de la invención
4.7	260	770	100	de acuerdo con la invención

5 2. Resultado

Se reconoce que el efecto positivo del dióxido de silicio amorfo no se restringe a la arena de cuarzo como materia prima moldeable sino que también produce crecientes firmezas en el caso de otras materias primas moldeables, por ejemplo en el caso de las microesferas, esferas de cerámica y perlas de vidrio.

Ejemplo 5

10 Influencia del dióxido de silicio amorfo en las firmezas de los cuerpos moldeados con masa exotérmica.

Como masa exotérmica se usó la siguiente composición:

Aluminio (0,063 - 0,5 mm granulado)	25 %
Nitrato de potasio	22 %
Microesferas huecas (Omegaspheres® WSG de la empresa Omega Minerals Germany GmbH)	44 %
Complemento ignífugo (chamota)	9 %

1. Preparación y prueba de las mezclas de material moldeable-aglutinante

15 La preparación de las mezclas de material moldeable – aglutinante y su ensayo se efectuaron de manera análoga al ejemplo 1. Las composiciones de las mezclas de material moldeable usadas para la preparación de las barras de ensayo se relacionan en la Tabla 9. Los valores encontrados en los ensayos para las firmezas a la flexión se recopilan en la tabla 10.

Tabla 9

	Masa exotérmica	Silicato alcalino ^{a)}	Dióxido de silicio amorfo ^{b)}	
5.1	100 GT	14 GT	-	Comparación, no es de la invención
5.2	100 GT	14 GT	1,5 GT	de acuerdo con la invención
5.3	100 GT	14 GT	3,0 GT	de acuerdo con la invención

(continuación)

	Masa exotérmica	Silicato alcalino ^{a)}	Dióxido de silicio amorfo ^{b)}	
^{a)} silicato alcalino con módulo SiO ₂ : M ₂ O de aproximadamente 2,3 ^{b)} Elkem Microsilica 971				

Tabla 10

Firmezas ante la flexión				
	Firmezas al calor [N/cm ²]	Firmezas al frío [N/cm ²]	Después de almacenamiento en la estufa climatizada [N/cm ²]	
5.1	50	180	descomposición	Comparación, no es de la invención
5.2	70	225	70	de acuerdo con la invención
5.3	95	280	110	de acuerdo con la invención

5 2. Resultado

El dióxido de silicio también produce un incremento en las firmezas en el caso de masas exotérmicas como materia prima moldeable.

Ejemplo 6

Mejoramiento de la capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable

10 1. Preparación y ensayo de la mezcla de material moldeable

Los componentes relacionados en la tabla 11 se mezclaron en un mezclador de palas para laboratorio (empresa Vogel & Schemmann AG, Hagen, Alemania). Para esto se cargó primero la arena de cuarzo y revolviendo se adicionó el silicato alcalino. Después de haber revuelto la mezcla por un minuto, el dióxido de silicio amorfo se adicionó mientras seguía revolviéndose. La mezcla siguió revolviéndose a continuación por un minuto más. Finalmente se adicionó además grafito en los ejemplos 6.2 a 6.4 y por último la mezcla se revolvió por otro minuto.

La capacidad de flujo de las mezclas de material moldeable se determinó con ayuda del grado de llenado de la herramienta de molde 1 representada en la figura 1. La herramienta de molde 1 se compone de dos mitades que pueden unirse entre sí de tal modo que se forma un espacio hueco 2. El espacio hueco 2 comprende tres cámaras 2a, 2b y 2c con un corte transversal circular, que tienen un diámetro de 100 mm y una altura de 30 mm. Las cámaras 2a, 2b y 2c están unidas respectivamente por aberturas circulares 3a, 3b que tienen un diámetro de 15 mm. Las aberturas circulares se proveen en las paredes intermedias 4a, 4b que tienen un espesor de 8 mm. Las aberturas 3a, 3b están desplazadas respectivamente 37,5 mm hacia el eje del medio 6, dispuestas en una distancia máxima entre sí. A la cámara 2a conduce además un acceso 5 a lo largo del eje del medio 6; por ese acceso puede envasarse la mezcla de material moldeable. El acceso 5 tiene un corte transversal circular con un diámetro de 15 mm. En la cámara 2c está provista una abertura de ventilación 7 que tiene un corte transversal circular con un diámetro de 9 mm y que está provista con una, así llamada, boquilla de ranura. La herramienta de molde 1 se emplea para llenarse en una máquina inyectora de núcleo.

En particular se procedió tal como sigue:

- mezclar los componentes relacionados en la tabla 11;
- 30 - transferir las mezclas al depósito de una máquina inyectora de núcleo Cold-box H1 de la empresa Röperwerke-Gießereimaschinen GmbH, Viersen, Alemania;
- introducir las mezclas en la herramienta de molde 1 no calentada por medio de aire comprimido (5 bar);
- curar las mezclas introduciendo CO₂;
- sacar el cuerpo moldeado curado de la herramienta y registrar su peso.

ES 2 769 603 T3

Los pesos determinados de los cuerpos moldeados se recopilan en la tabla 12.

Tabla 11

Composición de las mezclas de material moldeable					
	Arena de cuarzo H 32	Silicato alcalino ^{a)}	Dióxido de silicio amorfo ^{b)}	Grafito	
6.1	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	-	Comparación, no es de la invención
6.2	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT	de acuerdo con la invención
6.3	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT	de acuerdo con la invención
6.4	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	1,0 GT	de acuerdo con la invención

^{a)} silicato alcalino con módulo SiO₂ : M₂O de aproximadamente 2,3
^{b)} Elkem Microsilica 971

Tabla 12

Peso de los cuerpos moldeados		
	Peso [g]	
6.1	512	Comparación, no es de la invención
6.2	534	de acuerdo con la invención
6.3	564	de acuerdo con la invención
6.4	588	de acuerdo con la invención

5

2. Resultado

Adicionando grafito se mejora la capacidad de flujo de las mezclas de material moldeable, es decir que la herramienta se llena mejor.

Ejemplo 7

10 Ensayos de fundición

1. Preparación y ensayo de la mezcla de material moldeable

15 Para realizar los ensayos de fundición se pegaron respectivamente cuatro de las barras de prueba Georg-Fischer 8 preparados en los ejemplos 1 a 6, desplazadas respectivamente en 90° en la parte inferior 9 del molde de muestra representado en la Fig. 2. A continuación se pegó la parte superior 10, con forma de embudo del molde de muestra, a la parte inferior 9. La parte inferior 9 y la parte superior 10 del molde de muestra de produjeron de acuerdo con un procedimiento convencional de poliuretano-Cold-box. Después se llenó el molde muestras con aluminio líquido (740°C). Después de enfriar el metal se retiró el molde de muestras externo y se inspeccionaron las fundiciones de muestra en los segmentos de los cuatro cuerpos de ensayo respecto de la calidad de sus superficies (adherencias de arena, tersura). La evaluación se efectuó con las notas 1 (muy bien) a 10 (muy mal). Los resultados se recopilan en la Tabla 13.

20

Tabla 13

Composición de las mezclas de materiales moldeables y resultado de fundición			
	Composición véase ejemplo	Calidad de superficies	
7.1	1.1 (Tab. 1)	5	Comparación, no es de la invención
7.2	1.4 (Tab. 1)	5	de acuerdo con la invención
7.3	4.1 (Tab. 7)	2	no es de la invención
7.4	4.2 (Tab. 7)	2	de acuerdo con la invención
7.5	4.4 (Tab. 7)	4	no es de la invención
7.6	4.5 (Tab. 7)	4	de acuerdo con la invención
7.7	4.6 (Tab. 7)	1	no es de la invención
7.8	4.7 (Tab. 7)	1	de acuerdo con la invención

2. Resultado

Los resultados de la tabla 13 muestran que el uso de materias primas moldeables sintéticas como, por ejemplo, microesferas de silicato de aluminio, esferas de cerámica o perlas de vidrio mejoran en parte considerablemente la calidad de la superficie de las piezas de fundición.

Ejemplo 8

5 Efecto de aditivos orgánicos en el resultado de la fundición

1. Preparación y ensayo de las mezclas de material moldeable

La composición de las mezclas de material moldeable investigadas se lista en la tabla 14.

Los ensayos de fundición y su evaluación se efectuaron de manera análoga al ejemplo 7. El resultado de los ensayos de fundición puede deducirse de la tabla 14.

10

Tabla 14

Composición de las mezclas de material moldeable y resultado de fundición					
	Arena de cuarzo H 32	Silicato alcalino ^{b)}	Dióxido de silicio amorfo ^{c)}	Aditivo orgánico	Resultado de fundición
8.1 ^{a)}	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	---	5
8.2	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{d)}	3
8.3	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{e)}	1
8.4	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{f)}	3
8.5	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{g)}	2
8.6	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	1,0 GT ^{h)}	2
8.7	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	1,0 GT ⁱ⁾	2
8.8	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{j)}	1
8.9	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{k)}	3
8.10	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{l)}	1
8.11	100 GT	2,5 GT	0,2 GT	0,2 GT ^{m)}	1

a) corresponde al ensayo 1.4

b) silicato alcalino con módulo SiO₂ : M₂O de aproximadamente 2,3

c) Elkem Microsilica 971

d) Novolak Bakelite 0235 DP (Bakelite AG)

e) Polietilenglicol PEG 6000 (BASF AG)

f) Poliol PX (Perstorp AB)

g) PE-Fibras Stewathix 500 (Schwarzwälder Textilwerke GmbH)

h) copolímero acetato de vinilo-etileno Vinnex C 50 (Wacker Chemie GmbH)

i) Poliamida 12 Vestosint 1111 (Degussa AG)

j) resina de bálsamo WW (Bassermann & Co)

k) gluconato de cinc (Merck KGaA)

l) oleato de cinc (Peter Greven Fettchemie GmbH & Co. KG)

m) estearato de aluminio (Peter Greven Fettchemie GmbH & Co. KG)

2. Resultado

La tabla 14 muestra que la adición de los aditivos orgánicos mejora la calidad de la superficie de las pizas fundidas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de moldes de fundición destinados al procesamiento de metal que comprende las etapas:
- proporcionar una mezcla de material moldeable que comprende al menos una materia prima moldeable ignífuga; un aglutinante a base de silicato soluble y una fracción de un óxido de metal en forma de partículas, en el que el óxido de metal en forma de partículas es dióxido de silicio amorfo producido de manera sintética,
 - moldear la mezcla de material moldeable;
 - curar la mezcla de material moldeable, calentándose la mezcla de material moldeable al menos mediante la introducción de aire calentado,
- en el que se obtiene un molde de fundición curado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la mezcla de material moldeable se calienta a una temperatura en el rango de 100 a 300°C.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la temperatura del aire introducido asciende a de 100°C a 180°C y preferentemente de 120°C a 150°C.
4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad de flujo del aire calentado se ajusta de modo que tiene lugar un curado del molde de fundición en un periodo de tiempo de menos de 5 minutos, preferentemente menos de 2 minutos.
5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el molde de fundición es un molde, un núcleo o un alimentador, en particular un núcleo.
6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el óxido de metal en forma de partículas se selecciona del grupo de ácido silícico de precipitación y ácido silícico pirógeno.
7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el silicato soluble tiene un módulo SiO_2/M_2O en el rango de 1,6 a 4,0, en particular de 2,0 a 3,5 y M significa iones de sodio y/o iones de potasio.
8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el silicato soluble tiene una fracción de sólidos de de SiO_2 y M_2O en el rango de 30 a 60 % en peso.
9. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el aglutinante está contenido en la mezcla de material moldeable en una fracción de menos de 20 % en peso.
10. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el óxido de metal en forma de partículas en una fracción de 2 a 60 % en peso con respecto al aglutinante.
11. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la materia prima moldeable contiene por lo menos una fracción de microesferas huecas y las microesferas huecas son en particular microesferas huecas de silicato de aluminio y/o microesferas huecas de vidrio.
12. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la materia prima moldeable contiene por lo menos una fracción de granulado de vidrio, perlas de vidrio y/o cuerpos moldeados cerámicos en forma de esfera.
13. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la materia prima moldeable por lo menos una fracción de mullita, arena mineral de cromo y/u olivina.
14. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que a la mezcla de material moldeable se adiciona un metal oxidable y un agente de oxidación.
15. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla de material moldeable contiene una fracción de un lubricante en forma de escamas y el lubricante en forma de escamas se selecciona en particular de grafito y sulfuro de molibdeno.
16. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla de material moldeable contiene una fracción de por lo menos un aditivo orgánico sólido a temperatura ambiente.
17. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla de material moldeable

contiene por lo menos un silano.

18. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el tamaño de partícula de los óxidos de metal en forma de partículas asciende a menos de 300 μm , preferentemente menos de 200 μm y en particular menos de 100 μm .

5 19. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla de material moldeable puede verterse por medio de una máquina inyectora de núcleo con ayuda de aire comprimido en la herramienta de molde, se cura introduciendo calor, y el calentamiento puede realizarse en la herramienta de molde.

20. Molde de fundición, obtenido según un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 19.

10 21. Uso del molde de fundición según la reivindicación 20 para la fundición de metal, en particular la fundición de metal ligero.

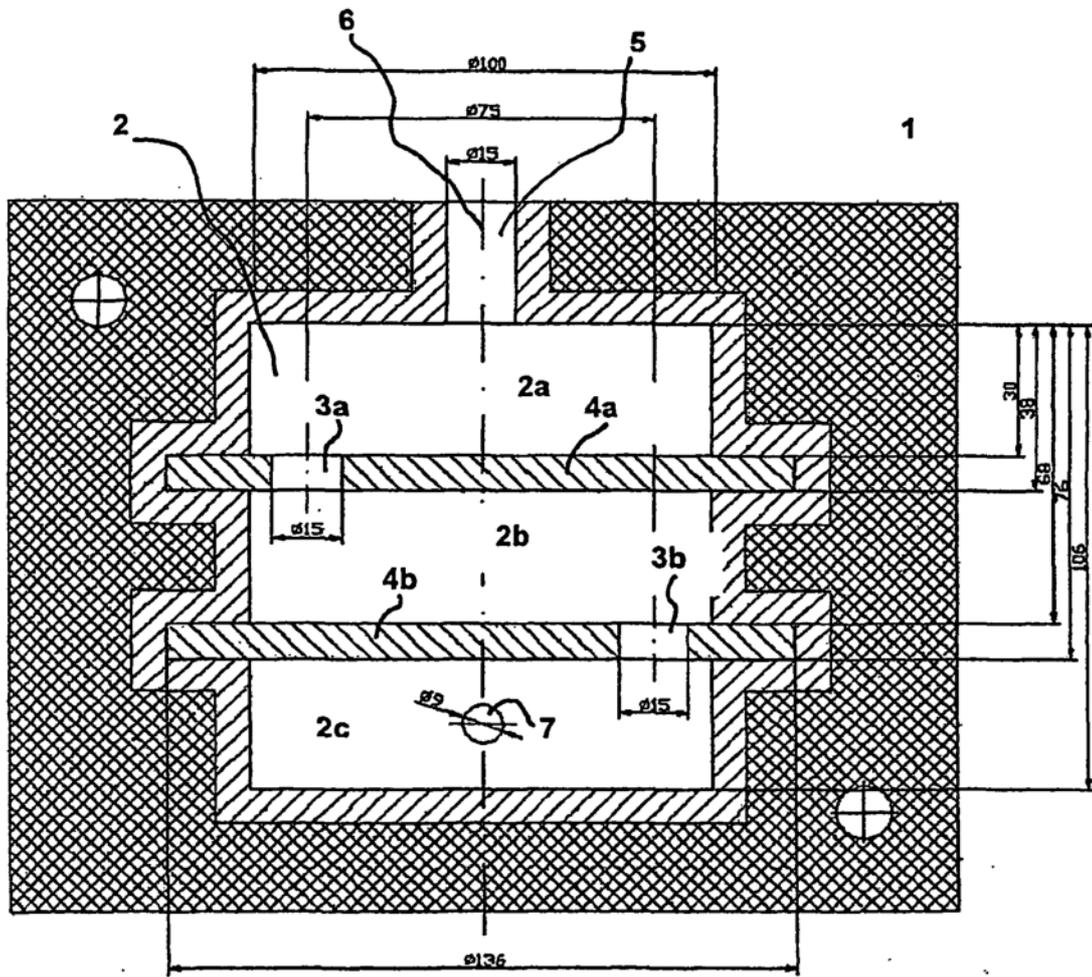


Fig. 1

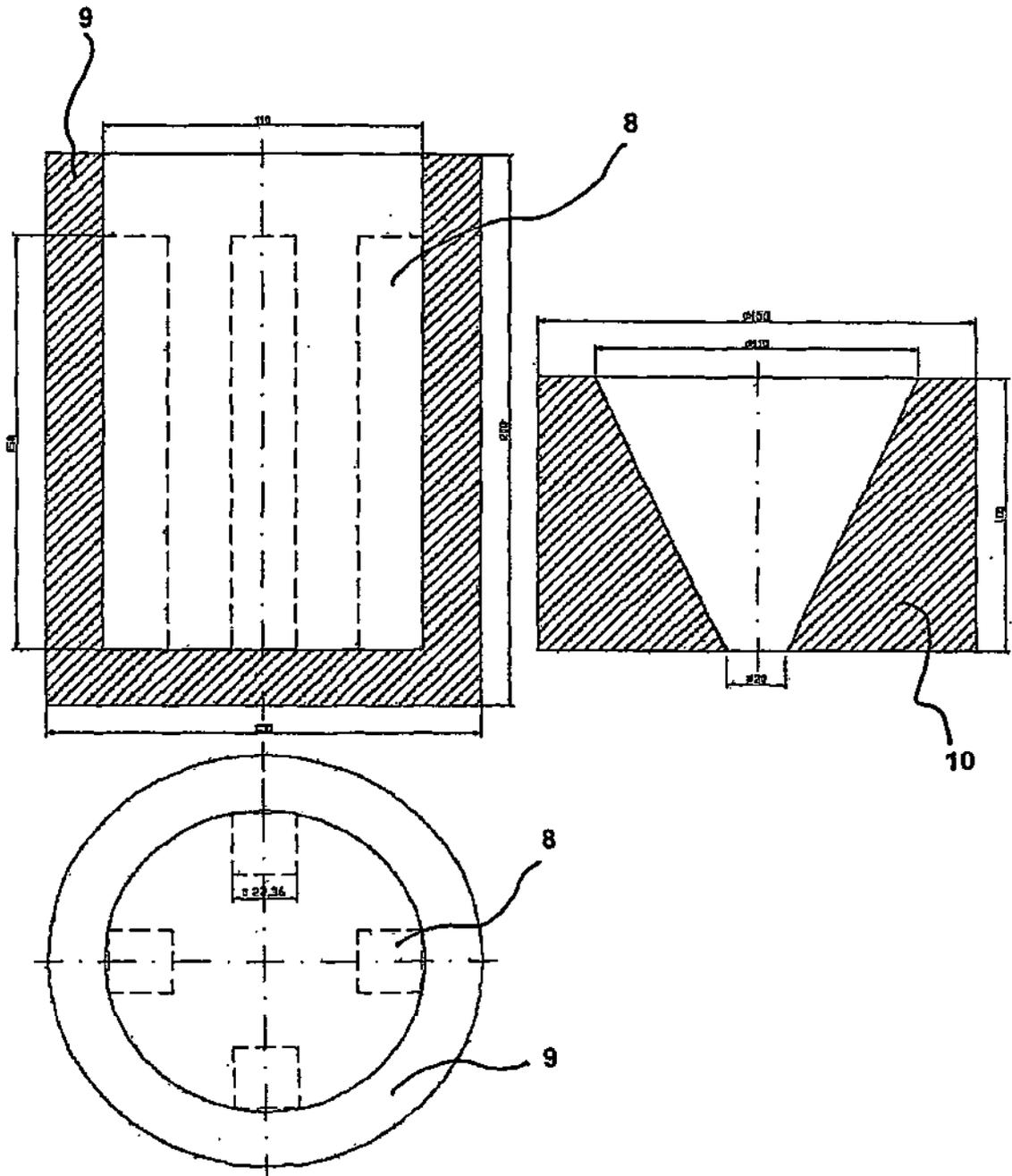


Fig. 2