

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 078**

51 Int. Cl.:

B22C 1/18 (2006.01)

B22C 1/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2007 PCT/EP2007/009108**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2008 WO08046651**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2007 E 07819173 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2104580**

54 Título: **Mezcla de material moldeable que contiene hidratos de carbono con una porción de un óxido de metal en forma de partículas añadida a un aglutinante a base de vidrio soluble**

30 Prioridad:

19.10.2006 DE 102006049379

28.12.2006 DE 102006061876

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

05.12.2016

73 Titular/es:

ASK CHEMICALS GMBH (100.0%)

Reisholzstrasse 16-18

40721 Hilden, DE

72 Inventor/es:

MÜLLER, JENS;

KOCH, DIETHER;

FROHN, MARCUS;

KÖRSCHGEN, JÖRG y

SCHRECKENBERG, STEFAN

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 593 078 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

Mezcla de material moldeable que contiene hidratos de carbono con una porción de un óxido de metal en forma de partículas añadida a un aglutinante a base de vidrio soluble

5 La invención se refiere a una mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metales, que comprende al menos un material base moldeable resistente al fuego que puede fluir, un aglutinante a base de vidrio soluble, así como una porción de un óxido de metal en forma de partículas, que se selecciona del grupo de dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de titanio y óxido de cinc. Además, la invención
10 se refiere a un procedimiento para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metal usando la mezcla de material moldeable así como a un molde de fundición obtenido con el procedimiento.

Los moldes de fundición para la fabricación de cuerpos metálicos se fabrican esencialmente en dos realizaciones. Un primer grupo lo forman los denominados núcleos o moldes. De éstos se compone el molde de fundición que
15 representa esencialmente el molde negativo de la pieza de fundición que va a fabricarse. Un segundo grupo lo forman los cuerpos huecos, las denominadas mazarotas, que actúan como recipiente de compensación. Éstos alojan metal líquido, proporcionándose mediante las correspondientes medidas que el metal permanezca durante más tiempo en la fase líquida que el metal que se encuentra en el molde de fundición que forma el molde negativo. Si el metal solidifica en el molde negativo, puede fluir posteriormente metal líquido desde el recipiente de
20 compensación, para compensar la contracción de volumen que se produce al solidificar el metal.

Los moldes de fundición están compuestos de un material resistente al fuego, por ejemplo arena de cuarzo, cuyos granos después del desmoldeo del molde de fundición se unen mediante un aglutinante adecuado para garantizar una resistencia mecánica suficiente del molde de fundición. Para la fabricación de moldes de fundición se usa por
25 tanto un material base moldeable resistente al fuego, que se trató con un aglutinante adecuado. El material base moldeable resistente al fuego se encuentra preferentemente en una forma que puede fluir, de modo que éste se introduzca en un molde hueco adecuado y allí pueda compactarse. Mediante el aglutinante se genera una cohesión sólida entre las partículas del material base moldeable, de modo que el molde de fundición obtenga la estabilidad mecánica necesaria.

Los moldes de fundición deben cumplir diversos requerimientos. Durante el propio proceso de fundición deben presentar éstos en primer lugar una suficiente estabilidad y resistencia a la temperatura, para alojar el metal líquido en el molde hueco formado por uno o varios moldes (parciales) de fundición. Tras el inicio del proceso de solidificación se garantiza la estabilidad mecánica del molde de fundición mediante una capa de metal solidificada,
35 que se forma a lo largo de las paredes del molde hueco. El material del molde de fundición debe descomponerse ahora bajo la influencia del calor desprendido por el metal de manera que éste pierda su resistencia mecánica, o sea la cohesión entre las partículas individuales del material resistente al fuego se anula. Esto se consigue descomponiéndose por ejemplo el aglutinante con la acción de calor. Tras el enfriamiento se sacude la pieza de fundición solidificada, disgregándose en el caso ideal el material del molde de fundición de nuevo para dar una arena fina que puede verterse fuera de las cavidades del molde de metal.

Para la fabricación de los moldes de fundición pueden usarse tanto aglutinantes orgánicos como también inorgánicos, cuyo curado pueda realizarse en cada caso mediante procedimientos fríos o calientes. Como procedimientos fríos se designan a este respecto procedimientos que se realizan esencialmente a temperatura ambiente sin calentamiento del molde de fundición. El curado se realiza a este respecto en la mayoría de los casos mediante una reacción química, que se desencadena por ejemplo debido a que se conduce un gas como catalizador por el molde que va a curarse. En caso de procedimientos calientes se calienta la mezcla de material moldeable tras la conformación hasta una temperatura suficientemente alta para expulsar, por ejemplo, el disolvente contenido en el aglutinante o para iniciar una reacción química, mediante la cual se cura el aglutinante por ejemplo mediante
50 reticulación.

Actualmente se usan para la fabricación de moldes de fundición de manera múltiple aquellos aglutinantes orgánicos, con los que se acelera la reacción de curado mediante un catalizador gaseoso o aquéllos que se curan mediante reacción con un endurecedor en forma de gas. Estos procedimientos se designan como procedimientos "cold-Box".

Un ejemplo de la fabricación de moldes de fundición usando aglutinantes orgánicos es el denominado procedimiento de Ashland-cold-box. A este respecto se trata de un sistema de dos componentes. El primer componente está constituido por la solución de un polioli, en la mayoría de los casos de una resina fenólica. El segundo componente es la solución de un poliisocianato. Así se llevan a reacción, de acuerdo con el documento US 3.409.579 A, los dos componentes del agente de unión de poliuretano, conduciéndose tras la conformación una amina terciaria gaseosa por la mezcla de material base moldeable y aglutinante. En el caso de la reacción de curado de agentes de unión de poliuretano se trata de una poliadición, es decir una reacción sin separación de productos secundarios, tales como por ejemplo agua. A las ventajas adicionales de este procedimiento cold-box pertenecen una buena productividad, precisión dimensional de los moldes de fundición así como buenas propiedades técnicas, tales como la resistencia de los moldes de fundición, el tiempo de procesamiento de la mezcla de material base moldeable y aglutinante, etc.

A los procedimientos orgánicos de curado en caliente pertenece el procedimiento *hot-box* a base de resinas fenólicas o de furano, el procedimiento *warm-box* a base de resinas de furano y el procedimiento Croning a base de resinas de fenol-novolaca. En el caso del procedimiento *hot-box* así como en el caso del procedimiento *warm-box* se procesan resinas líquidas con un endurecedor latente, eficaz solo a temperatura elevada para dar una mezcla de material moldeable. En el caso del procedimiento Croning se envuelven materiales base moldeables, tales como cuarzo, mena de cromo, arenas de zirconio, etc. a una temperatura de aproximadamente 100 a 160 °C con una resina de fenol-novolaca líquida a esta temperatura. Como componente de reacción para el curado posterior se añade hexametilentetramina. En las técnicas de curado en caliente mencionadas anteriormente tiene lugar la conformación y el curado en moldes que pueden calentarse, que se calientan a una temperatura de hasta 300 °C.

Independientemente del mecanismo de curado, todos los sistemas orgánicos tienen en común que se descomponen térmicamente durante la introducción del metal líquido en el molde de fundición y a este respecto pueden liberarse sustancias nocivas, tales como por ejemplo benceno, tolueno, xilenos, fenol, formaldehído y producto de craqueo superiores, parcialmente no identificados. Si bien se logra mediante diversas medidas minimizar estas emisiones, sin embargo no pueden evitarse completamente en aglutinantes orgánicos. También en sistemas híbridos inorgánicos-orgánicos, que contienen una porción de compuestos orgánicos, tal como los aglutinantes usados por ejemplo en el procedimiento de resol-CO₂, se producen tales emisiones indeseadas durante la fundición de los metales.

Para evitar la emisión de productos de descomposición durante el proceso de fundición, deben usarse aglutinantes que se basen en materiales inorgánicos o que contengan como máximo una porción muy baja de compuestos orgánicos. Tales sistemas de aglutinante se conocen ya desde hace mucho tiempo. Se han desarrollado sistemas de aglutinante que pueden curarse mediante introducción de gases. Un sistema de este tipo se ha descrito por ejemplo en el documento GB 782 205, en el que se usa un vidrio soluble alcalino como aglutinante, que puede curarse mediante introducción de CO₂. En el documento DE 199 25 167 se describe una masa de mazarota exotérmica, que contiene un silicato alcalino como aglutinante. Además se han desarrollado sistemas de aglutinante que son de auto-curación a temperatura ambiente. Un sistema a base de ácido fosfórico y óxidos metálicos de este tipo se ha descrito por ejemplo en el documento US 5.582.232. Finalmente se conocen aún sistemas de aglutinante inorgánico, que se curan a temperaturas más altas, por ejemplo en un molde caliente. Tales sistemas de aglutinante de curado en caliente se conocen por ejemplo por el documento US 5.474.606, en el que se describe un sistema de aglutinante que está constituido por vidrio soluble alcalino y silicato de aluminio.

Los aglutinantes inorgánicos presentan sin embargo también inconvenientes en comparación con aglutinantes orgánicos. Por ejemplo, los moldes de fundición fabricados con vidrio soluble como aglutinante tienen una resistencia relativamente baja. Esto conduce a problemas en particular en la extracción del molde de fundición del molde, dado que el molde de fundición puede romperse. Buenas resistencias en este momento son especialmente importantes para la producción de piezas moldeadas complicadas, de pared delgada y su manipulación segura. La base para las resistencias bajas consiste en primer lugar en que los moldes de fundición contengan aún agua residual del aglutinante. Los tiempos de permanencia más largos en el molde cerrado caliente ayudan solo de manera condicionada, dado que el vapor de agua no puede escaparse en medida suficiente. Para conseguir un secado a ser posible completo de los moldes de fundición, se propone en el documento WO 98/06522 dejar la mezcla de material moldeable tras el desmoldeo en una caja de macho con temperatura regulada solo hasta que se forme una cubierta de borde dimensionalmente estable y firme. Tras la apertura de la caja de macho se extrae el molde y a continuación se seca completamente con acción de microondas. El secado adicional es sin embargo costoso, prolonga el tiempo de producción de los moldes de fundición y contribuye, sin olvidar también mediante los costes de energía, considerablemente al encarecimiento del proceso de fabricación.

Otro punto débil de los aglutinantes inorgánicos conocidos hasta ahora es la baja estabilidad de los moldes de fundición fabricados con esto frente a humedad del aire alta. Con ello no es posible de manera segura un almacenamiento de los cuerpos moldeados durante un espacio de tiempo más largo, tal como es habitual con aglutinantes orgánicos.

Los moldes de fundición fabricados con vidrio soluble como aglutinante muestran tras la fundición del metal con frecuencia una mala disgregación. En particular cuando se curó el vidrio soluble mediante tratamiento con dióxido de carbono, puede vitrificarse el aglutinante con la influencia del metal caliente, de modo que el molde de fundición se vuelva muy duro y pueda separarse tan solo con gran esfuerzo de la pieza de fundición. Por tanto se ha intentado añadir a la mezcla de material moldeable componentes orgánicos que se consumen bajo la influencia del metal caliente y mediante la formación de poros facilita una disgregación del molde de fundición tras la fundición.

En el documento DE 2 059 538 se describen mezclas de arena de núcleo y de molde que contienen silicato de sodio como aglutinante. Para obtener una disgregación mejorada del molde de fundición tras la fundición del metal se añade a la mezcla jarabe de glucosa. La mezcla de arena moldeable procesada para dar un molde de fundición se fragua mediante conducción de gas de dióxido de carbono. La mezcla de arena moldeable contiene del 1 % al 3 % en peso de jarabe de glucosa, del 2 % al 7 % en peso de un silicato alcalino y una cantidad suficiente de una arena de núcleo o de molde. En los ejemplos se determinó que los moldes y núcleos que contenían jarabe de glucosa presentan propiedades de disgregación ampliamente mejores que los moldes y núcleos que contienen sacarosa o dextrosa pura.

5 En el documento EP 0 150 745 A2 se describe una mezcla de aglutinantes para la solidificación de arena moldeable, que está constituida por un silicato de metal alcalino, preferentemente silicato de sodio, un alcohol polihidroxilado y otros aditivos, previéndose como aditivos hidratos de carbono modificados, almidón no higroscópico, un óxido metálico y una carga. Como hidrato de carbono modificado se usa un hidrolizado de almidón no higroscópico con una fuerza de reducción del 6 % al 15 %, que puede añadirse como polvo. El almidón no higroscópico y el óxido metálico, preferentemente óxido de hierro, se añaden en una cantidad del 0,25 % al 1 % en peso de la cantidad de arena. Eventualmente puede añadirse a la mezcla de aglutinantes un agente lubricante en forma de polvo o como aceite. La mezcla de aglutinantes se cura preferentemente mediante el uso de CO₂ o de un catalizador químico.

10 En el documento GB 847.477 se describe una composición de aglutinante para la fabricación de moldes de fundición, que comprende un silicato de metal alcalino con un módulo SiO₂/M₂O de 2,0 a 3,22 así como un compuesto de polihidroxilo. El aglutinante se mezcla para la fabricación de moldes de fundición con un material base moldeable resistente al fuego y tras la fabricación del molde se cura mediante gasificación con dióxido de carbono. Como compuestos de polihidroxilo se usan por ejemplo mono-, di-, tri- o tetrasacáridos, no exigiéndose altos requerimientos a la pureza de estos compuestos.

20 En el documento GB 902.199 se describe una mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición, que además de un material base moldeable resistente al fuego comprende una composición de aglutinante, que comprende una mezcla de 100 partes de una cola obtenida de cereales, de 2 a 20 partes de azúcar y de 2 a 20 partes de un ácido halogenado o de una sal de un ácido halogenado. Una sal adecuada es por ejemplo cloruro de amonio. La cola se prepara hidrolizándose almidón parcialmente. Para la fabricación de un molde de fundición se lleva la mezcla de material moldeable en primer lugar a la forma deseada y entonces se calienta hasta una temperatura de al menos 175 - 180 °C.

25 En el documento GB 1 240 877 se describe una mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición, que además de un material base moldeable resistente al fuego comprende un aglutinante que contiene agua, que además de un silicato de metal alcalino contiene un agente de oxidación compatible con el silicato de metal alcalino y, con respecto a la solución, del 9 % al 40 % en peso de un material orgánico fácilmente oxidable. Como agente de oxidación pueden usarse por ejemplo nitratos, cromatos, dicromatos, permanganatos o cloratos de los metales alcalinos. Como material fácilmente oxidable pueden usarse por ejemplo almidón, dextrinas, celulosa, hidrocarburos, polímeros sintéticos, tales como poliéter o poliestireno, así como hidrocarburos, tal como alquitrán. La mezcla de material moldeable puede curarse mediante calentamiento o mediante gasificación con dióxido de carbono.

35 En el documento US 4.162.238 se describe una mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición, que además de un material base moldeable resistente al fuego comprende un aglutinante a base de un silicato de metal alcalino, en particular vidrio soluble. Al aglutinante se añade dióxido de silicio amorfo en una porción que corresponde, con respecto a la solución del aglutinante, a del 2 % al 75 %. El dióxido de silicio amorfo presenta un tamaño de partícula en el intervalo de aproximadamente 2 a 500 nm. Además tiene el aglutinante un módulo SiO₂ : M₂O de 3,5 a 10, en el que M representa un metal alcalino.

45 Debido al problema discutido anteriormente de las emisiones perjudiciales para la salud, que se producen durante la fundición se ha hecho un esfuerzo por sustituir en la fabricación de moldes de fundición, también con geometrías complicadas, los aglutinantes orgánicos por aglutinantes inorgánicos. A este respecto debe garantizarse, sin embargo también con geometrías complicadas, una resistencia suficiente del molde de fundición también en secciones de pared delgada tanto directamente tras la fabricación en la extracción del molde como también en la fundición del metal. La resistencia del molde de fundición no debía empeorarse esencialmente durante el almacenamiento. El molde de fundición debe presentar por tanto una estabilidad suficiente frente a la humedad del aire. Además, la pieza de fundición no debía requerir tras la fabricación ningún mecanizado posterior excesivo de la superficie. El mecanizado posterior de piezas de fundición requiere un alto gasto de tiempo, mano de obra y material, y representa por tanto un factor de costes esencial en la fabricación. Ya directamente tras la extracción del molde de fundición debía presentar por tanto la pieza de fundición ya una alta calidad de superficie.

55 Por tanto, la invención se basaba en el objetivo de facilitar una mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metal, que comprendiera al menos un material base moldeable resistente al fuego así como un sistema de aglutinante a base de vidrio soluble, conteniendo la mezcla de material moldeable una porción de un óxido de metal en forma de partículas, que se selecciona del grupo de dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de titanio y óxido de cinc, que permitiera la fabricación de moldes de fundición con geometría compleja y que pudieran comprender por ejemplo también secciones de pared delgada, debiendo presentar tras la fundición del metal la pieza de fundición obtenida ya una alta calidad de superficie.

60 Este objetivo se consigue con una mezcla de material moldeable con las características del reivindicación 1. Son objeto de las reivindicaciones dependientes perfeccionamientos ventajosos de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención.

65

Sorprendentemente se encontró que mediante la adición de hidratos de carbono a la mezcla de material moldeable pueden fabricarse moldes de fundición a base de aglutinantes inorgánicos, que presentan una alta resistencia tanto directamente tras la fabricación como también en caso de almacenamiento durante más tiempo. Además se obtiene tras la fundición del metal, una pieza de fundición con calidad de superficie muy alta, de modo que tras la separación del molde de fundición solo sea necesario un pequeño mecanizado posterior de la superficie de la pieza de fundición. Esto es esencialmente ventajoso, dado que de esta manera pueden reducirse claramente los costes para la fabricación de una pieza de fundición. Durante la fundición se observa en comparación con otros aditivos orgánicos, tales como resinas acrílicas, poliestireno, poli(ésteres vinílicos) o compuestos de polialquilo, un desarrollo de humo claramente más bajo, de modo que la carga en el lugar de trabajo pueda reducirse esencialmente para los empleados allí.

La mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metal comprende al menos:

- 15 - un material base moldeable resistente al fuego;
- un aglutinante a base de vidrio soluble; así como
- una porción de un óxido de metal en forma de partículas, que se selecciona del grupo de dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de titanio y óxido de cinc.

20 De acuerdo con la invención contiene la mezcla de material moldeable como parte constituyente adicional un hidrato de carbono.

Como material base moldeable resistente al fuego pueden usarse materiales habituales para la fabricación de moldes de fundición. El material base moldeable resistente al fuego debe presentar una estabilidad dimensional suficiente a las temperaturas que imperan en la fundición del metal. Un material base moldeable resistente al fuego adecuado se caracteriza por tanto por un elevado punto de fusión. El punto de fusión del material base moldeable resistente al fuego se encuentra preferentemente superior a 700 °C, preferentemente superior a 800 °C, de manera especialmente preferente superior a 900 °C y en particular preferentemente superior a 1000 °C. Como materiales base moldeables resistentes al fuego son adecuados por ejemplo arena de cuarzo o de zirconio. Además son adecuados también materiales base moldeables resistentes al fuego en forma de fibras, tal como por ejemplo fibras de arcilla refractaria. Otros materiales base moldeables resistentes al fuego adecuados son por ejemplo olivina, arena de mena de cromo, vermiculita.

Además pueden usarse como materiales base moldeables resistentes al fuego también materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos, tales como por ejemplo esferas huecas de silicato de aluminio (las denominadas microesferas), perlas de vidrio, granulado de vidrio o materiales base moldeables cerámicos en forma de esfera conocidos con la denominación "Cerabeads[®]" o "Carboaccucast[®]". Estos materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos se fabrican de manera sintética o se producen por ejemplo como residuo en procesos industriales. Estos materiales base moldeables cerámicos en forma de esfera contienen como minerales por ejemplo mullita, corindón, β -cristobalita en distintas proporciones. Éstos contienen como porción esencial óxido de aluminio y dióxido de silicio. Las composiciones típicas contienen por ejemplo Al_2O_3 y SiO_2 en proporciones aproximadamente iguales. Además de esto pueden estar contenidas aún otras partes constituyentes en proporciones de < 10 %, tales como TiO_2 , Fe_2O_3 . El diámetro de los materiales base moldeables resistentes al fuego en forma de esfera asciende preferentemente a menos de 1000 μm , en particular a menos de 600 μm . Son adecuados también materiales base moldeables resistentes al fuego preparados de manera sintética, tales como por ejemplo mullita ($x Al_2O_3 \cdot y SiO_2$, con $x = 2$ a 3 , $y = 1$ a 2 ; fórmula ideal: Al_2SiO_5). Estos materiales base moldeables sintéticos no se remontan a un origen natural y pueden haberse sometido también a un procedimiento de conformación especial, tal como por ejemplo en la fabricación de microesferas huecas de silicato de aluminio, perlas de vidrio o materiales base moldeables cerámicos en forma de esfera. Las microesferas huecas de silicato de aluminio se producen por ejemplo en la combustión de combustibles fósiles u otros materiales combustibles y se separan de las cenizas que se producen durante la combustión. Las microesferas huecas como material base moldeable resistente al fuego sintético se caracterizan por un peso específico bajo. Esto se remonta a la estructura de estos materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos, que comprenden poros rellenos de gas. Estos poros pueden estar abiertos o cerrados. Preferentemente se usan materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos de poro cerrado. Con el uso de materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos de poro abierto se aloja una parte del aglutinante a base de vidrio soluble en los poros y entonces ya no puede desarrollarse ninguna acción de unión.

De acuerdo con una forma de realización se usan materiales de vidrio como materiales base moldeables. Éstos se usan en particular o bien como esferas de vidrio o como granulado de vidrio. Como vidrio pueden usarse vidrios habituales, prefiriéndose vidrios que muestran un alto punto de fusión. Son adecuadas por ejemplo perlas de vidrio y/o granulado de vidrio que se prepara a partir de pedazos de vidrio. Igualmente son adecuados vidrios de borato. La composición de este tipo de vidrios está indicada a modo de ejemplo en la siguiente tabla.

Tabla: composición de vidrios

Parte constituyente	Pedazos de vidrio	Vidrio de borato
SiO ₂	50 - 80 %	50 - 80 %
Al ₂ O ₃	0 -15 %	0 - 15 %
Fe ₂ O ₃	< 2 %	< 2 %
M ^{II} O	0 - 25 %	0 - 25 %
M ^I ₂ O	5 - 25 %	1 - 10 %
B ₂ O ₃		< 15 %
otros	< 10 %	< 10 %
M ^{II} : metal alcalinotérreo, por ejemplo Mg, Ca, Ba M ^I : metal alcalino, por ejemplo Na, K		

Además de los vidrios expuestos en la tabla pueden usarse sin embargo también otros vidrios, cuyo contenido en los compuestos mencionados anteriormente se encuentra por encima de los intervalos mencionados. También pueden usarse vidrios especiales que, además de los óxidos mencionados, contienen también otros elementos o sus óxidos.

El diámetro de las esferas de vidrio asciende preferentemente a de 1 a 1000 µm, preferentemente a de 5 a 500 µm y de manera especialmente preferente de 10 a 400 µm.

Preferentemente se forma únicamente una parte del material base moldeable resistente al fuego por materiales de vidrio. La porción del material de vidrio en el material base moldeable resistente al fuego se selecciona preferentemente inferior al 35 % en peso, de manera especialmente preferente inferior al 25 % en peso, en particular preferentemente inferior al 15 % en peso.

En ensayos de fundición con aluminio se encontró que con el uso de materiales base moldeables sintéticos, sobre todo en caso de perlas de vidrio, granulado de vidrio o microesferas de vidrio, tras la fundición queda menos arena de molde adherida a la superficie metálica que con el uso de arena de cuarzo pura. El uso de materiales base moldeables sintéticos de este tipo a base de materiales de vidrio permite, por tanto, la generación de superficies de fundición lisas, no siendo necesario o al menos siendo necesario en medida considerablemente más baja un tratamiento posterior costoso mediante radiación.

Para obtener el efecto descrito de la generación de superficies de fundición lisas, se selecciona la porción del material de vidrio en el material base moldeable resistente al fuego preferentemente superior al 0,5 % en peso, preferentemente superior al 1 % en peso, de manera especialmente preferente superior al 1,5 % en peso, en particular preferentemente superior al 2 % en peso.

No es necesario que todo el material base moldeable resistente al fuego esté formado de los materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos. La porción preferente de los materiales base moldeables sintéticos se encuentra en al menos aproximadamente el 3 % en peso, de manera especialmente preferente al menos el 5 % en peso, en particular preferentemente al menos el 10 % en peso, preferentemente en al menos aproximadamente el 15 % en peso, de manera especialmente preferente en al menos aproximadamente el 20 % en peso, con respecto a la cantidad total del material base moldeable resistente al fuego. El material base moldeable resistente al fuego presenta preferentemente un estado que puede fluir, de modo que la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención pueda procesarse en moldeadoras neumáticas de machos habituales.

Por motivos de costes se mantiene baja la porción de los materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos. Preferentemente asciende la porción de los materiales base moldeables resistentes al fuego sintéticos en el material base moldeable resistente al fuego a menos del 80 % en peso, preferentemente a menos del 75 % en peso, de manera especialmente preferente a menos del 65 % en peso.

Como componente adicional, la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención comprende un aglutinante a base de vidrio soluble. Como vidrio soluble pueden usarse a este respecto vidrios solubles habituales, tal como se usan éstos ya hasta ahora como aglutinante en mezclas de material moldeable. Estos vidrios solubles contienen silicatos de sodio o de potasio disueltos y pueden prepararse mediante disolución de silicatos de potasio y de sodio vítreos en agua. El vidrio soluble presenta preferentemente un módulo SiO₂/M₂O en el intervalo de 1,6 a 4,0, en particular de 2,0 a 3,5, en el que M representa sodio y/o potasio. Los vidrios solubles presentan preferentemente una porción de sólidos en el intervalo del 30 % al 60 % en peso. La porción de sólidos se refiere a la cantidad de SiO₂ y M₂O contenida en el vidrio soluble.

Además contiene la mezcla de material moldeable una porción de un óxido de metal en forma de partículas, que se selecciona del grupo de dióxido de silicio, óxido de aluminio, dióxido de titanio y óxido de cinc. El tamaño de partícula primaria promedio del óxido de metal en forma de partículas puede ascender a entre 0,10 µm y 1 µm. Debido a la aglomeración de las partículas primarias asciende sin embargo el tamaño de partícula de los óxidos de metal preferentemente a menos de 300 µm, preferentemente a menos de 200 µm, en particular preferentemente a

menos de 100 μm . Éste se encuentra preferentemente en el intervalo de 5 a 90 μm , en particular preferentemente de 10 a 80 μm y de manera muy especialmente preferente en el intervalo de 15 a 50 μm . El tamaño de partícula puede determinarse por ejemplo mediante análisis de cribado. De manera especialmente preferente asciende el residuo de cribado en un tamiz con un ancho de malla de 63 μm a menos del 10 % en peso, preferentemente a menos del 8 % en peso.

De manera especialmente preferente se usa dióxido de silicio como óxido de metal en forma de partículas, prefiriéndose especialmente en este caso dióxido de silicio amorfo preparado sintéticamente.

Como dióxido de silicio en forma de partículas se usa preferentemente ácido silícico precipitado y/o ácido silícico pirógeno. El ácido silícico precipitado se obtiene mediante reacción de una solución acuosa de silicato alcalino con ácidos minerales. El precipitado que se produce a este respecto a continuación se separa, se seca y se muele. Por ácidos silícicos pirógenos se entiende ácidos silícicos que se obtienen a altas temperaturas mediante coagulación de la fase gaseosa. La preparación de ácido silícico pirógeno puede realizarse por ejemplo mediante hidrólisis de llama de tetracloruro de silicio o en un horno de arco eléctrico mediante reducción de arena de cuarzo con coque o antracita para dar gas de monóxido de silicio con oxidación posterior para dar dióxido de silicio. Los ácidos silícicos pirógenos preparados según el procedimiento de horno de arco eléctrico pueden contener aún carbono. El ácido silícico precipitado y el ácido silícico pirógeno son igualmente muy adecuados para la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención. Estos ácidos silícicos se designan además como "dióxido de silicio amorfo sintético".

Los inventores aceptan que el vidrio soluble muy alcalino pueda reaccionar con los grupos silanol dispuestos en la superficie del dióxido de silicio amorfo preparado sintéticamente y que durante la evaporación del agua se establezca una unión intensiva entre el dióxido de silicio y el vidrio soluble entonces sólido.

Como componente adicional esencial contiene la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención un hidrato de carbono. A este respecto pueden usarse tanto monosacáridos o disacáridos como también oligosacáridos o polisacáridos de peso molecular superior. Los hidratos de carbono pueden usarse tanto como compuesto individual como también como mezcla de distintos hidratos de carbono. A la pureza de los hidratos de carbono usados no se le exige en sí requerimientos excesivos. Es suficiente cuando los hidratos de carbono, con respecto al peso seco, se encuentran en una pureza superior al 80 % en peso, en particular preferentemente superior al 90 % en peso, en particular preferentemente superior al 95 % en peso, en cada caso con respecto al peso seco. Las unidades de monosacáridos de los hidratos de carbono pueden estar enlazadas en sí de manera discrecional. Los hidratos de carbono presentan preferentemente una estructura lineal, por ejemplo un enlace 1,4 α - o β -glicosídico. Sin embargo, los hidratos de carbono pueden estar también total o parcialmente 1,6-enlazados, tal como por ejemplo la amilopectina, que presenta hasta un 6 % de enlaces α -1,6.

La cantidad del hidrato de carbono se selecciona preferentemente de manera relativamente baja. En sí se pretende mantener lo más baja posible la porción de componentes orgánicos en la mezcla de material moldeable, de modo que se haga retroceder a ser posible el desarrollo de humo originado mediante la descomposición térmica de estos compuestos orgánicos. Por tanto se proporcionan cantidades relativamente bajas de hidrato de carbono a la mezcla de material moldeable, pudiéndose observar ya una clara mejora de la resistencia de los moldes de fundición antes de la fundición o una clara mejora de las calidades de la superficie de la pieza de fundición. Preferentemente se selecciona la porción del hidrato de carbono, con respecto al material base moldeable resistente al fuego, mayor del 0,01 % en peso, preferentemente mayor del 0,02 % en peso, de manera especialmente preferente mayor del 0,05 % en peso. Una alta porción de hidrato de carbono no provoca ninguna mejora adicional de la resistencia del molde de fundición o de la superficie de la pieza de fundición. Preferentemente se selecciona la cantidad del hidrato de carbono, con respecto al material base moldeable resistente al fuego, menor del 5 % en peso, preferentemente menor del 2,5 % en peso, de manera especialmente preferente menor del 0,5 % en peso, en particular preferentemente menor del 0,4 % en peso. Para una aplicación técnica, las bajas proporciones de hidratos de carbono en el intervalo de más del 0,1 % en peso conducen a claros efectos. Para la aplicación técnica se encuentra la porción del hidrato de carbono en la mezcla de material moldeable, con respecto al material base moldeable resistente al fuego, preferentemente en el intervalo del 0,1 % al 0,5 % en peso, preferentemente del 0,2 % al 0,4 % en peso. Con proporciones superiores al 0,5 % en peso de hidrato de carbono ya no se consigue ninguna mejora clara de las propiedades, de modo que cantidades superiores al 0,5 % en peso de hidrato de carbono en sí no son necesarias.

De acuerdo con otra forma de realización de la invención se usa el hidrato de carbono en forma no derivatizada. Los hidratos de carbono de este tipo pueden obtenerse favorablemente de fuentes naturales, tales como plantas, por ejemplo cereales o patatas. El peso molecular de hidratos de carbono de este tipo obtenidos de fuentes naturales puede reducirse por ejemplo mediante hidrólisis química o enzimática para mejorar, por ejemplo, la solubilidad en agua. Además de hidratos de carbono no derivatizados, que están constituidos por tanto solo por carbono, oxígeno e hidrógeno, pueden usarse sin embargo también hidratos de carbono derivatizados, en los que por ejemplo una parte o todos los grupos hidroxilo están eterificados con por ejemplo grupos alquilo. Los hidratos de carbono derivatizados adecuados son por ejemplo etilcelulosa o carboximetilcelulosa.

En sí pueden usarse ya hidrocarburos de bajo peso molecular, tales como mono- o disacáridos. Ejemplos son glucosa o sacarosa. Los efectos ventajosos se observan sin embargo en particular con el uso de oligosacáridos o polisacáridos. De manera especialmente preferente se usa por tanto como hidrato de carbono un oligosacárido o polisacárido.

5 Según esto se prefiere que el oligosacárido o polisacárido presente una masa molar en el intervalo de 1.000 a 100.000 g/mol, preferentemente 2.000 y 30.000 g/mol. En particular cuando el hidrato de carbono presenta una masa molar en el intervalo de 5.000 a 20.000 g/mol, se observa un claro aumento de la resistencia del molde de fundición, de modo que puede extraerse el molde de fundición fácilmente del molde y transportarse durante la
10 fabricación. También en caso de almacenamiento durante más tiempo muestra el molde de fundición una resistencia muy buena, de modo que sea posible sin más también un almacenamiento de los moldes de fundición, necesario para una producción en serie de piezas de fundición, también durante varios días con entrada de humedad del aire. También es muy buena la estabilidad con acción del agua, tal como es inevitable por ejemplo durante la aplicación de un acabado sobre el molde de fundición.

15 Preferentemente, el polisacárido está constituido por unidades de glucosa, estando éstas en particular preferentemente 1,4-enlazadas α - o β -glicosídicamente. Sin embargo es también posible usar compuestos de hidratos de carbono que contengan, además de glucosa, otros monosacáridos, tales como por ejemplo galactosa o fructosa, como aditivo de acuerdo con la invención. Ejemplos de hidratos de carbono adecuados son lactosa (disacárido α - o β -1,4-enlazado de galactosa y glucosa) y sacarosa (disacárido de α -glucosa y β -fructosa).
20

De manera especialmente preferente se selecciona el hidrato de carbono del grupo de celulosa, almidón y dextrinas así como derivados de estos hidratos de carbono. Los derivados adecuados son por ejemplo derivados total o parcialmente eterificados con grupos alquilo. Sin embargo pueden realizarse también otras derivatizaciones, por ejemplo esterificaciones con ácidos inorgánicos u orgánicos.
25

Otra optimización de la estabilidad del molde de fundición así como de la superficie de la pieza de fundición puede conseguirse cuando se usan hidratos de carbono especiales y según esto en particular preferentemente almidones, dextrinas (producto de hidrolizado de los almidones) y sus derivados como aditivo para la mezcla de material
30 moldeable. Como almidones pueden usarse en particular los almidones que se producen de manera natural, tales como por ejemplo almidón de patata, de maíz, de arroz, de guisantes, de plátano, de castaña de Indias o de trigo. Sin embargo es también posible usar almidones modificados, tales como por ejemplo almidón de hinchamiento, almidón de ebullición fina, almidón oxidado, almidón de citrato, almidón de acetato, éteres de almidón, ésteres de almidón o también fosfatos de almidón. No existe en sí ninguna limitación en la selección del almidón. El almidón puede ser por ejemplo de baja viscosidad, de viscosidad media o de alta viscosidad, catiónico o aniónico, soluble en agua fría o soluble en agua caliente. La dextrina se selecciona en particular preferentemente del grupo de dextrina de patata, dextrina de maíz, dextrina amarilla, dextrina blanca, dextrina de bórax, ciclodextrina y maltodextrina.
35

En particular en la fabricación de moldes de fundición con secciones de pared muy delgada comprende la mezcla de material moldeable preferentemente de manera adicional un compuesto que contiene fósforo. A este respecto pueden usarse en sí compuestos de fósforo tanto orgánicos como también inorgánicos. Para no desencadenar durante la fundición del metal ninguna reacción secundaria indeseada se prefiere además que el fósforo se encuentre en los compuestos que contienen fósforo preferentemente en el estado de oxidación V. Mediante la adición de compuestos que contienen fósforo puede aumentar adicionalmente la estabilidad del molde de fundición.
40 Esto es en particular de gran importancia cuando durante la fundición del metal se tropieza el metal líquido con una superficie inclinada y allí ejerce una acción de erosión alta debido a la alta presión metaloestática o puede conducir a deformaciones en particular de secciones de pared delgada del molde de fundición.
45

El compuesto que contiene fósforo se encuentra a este respecto preferentemente en forma de un fosfato o de un óxido de fósforo. El fosfato puede encontrarse a este respecto como fosfato de metal alcalino o como fosfato de metal alcalinotérreo, prefiriéndose especialmente fosfatos de metal alcalino y según esto en particular las sales de sodio. En sí pueden usarse también fosfatos de amonio o fosfatos de otros iones metálicos. Los fosfatos de metal alcalino o de metal alcalinotérreo mencionados como preferentes son sin embargo fácilmente accesibles y están disponibles en cantidades discretionales en sí de manera económica. No se prefieren fosfatos de iones metálicos
50 polivalentes, en particular iones metálicos trivalentes. Se observó que con el uso de fosfatos de este tipo de iones metálicos polivalentes, en particular iones metálicos trivalentes, se acorta el tiempo de procesamiento de la mezcla de material moldeable.
55

Si se añade el compuesto que contiene fósforo a la mezcla de material moldeable en forma de un óxido de fósforo, se encuentra el óxido de fósforo preferentemente en forma de pentóxido de fósforo. Pueden usarse sin embargo también trióxido de fósforo y tetróxido de fósforo.
60

De acuerdo con otra forma de realización puede añadirse a la mezcla de material moldeable el compuesto que contiene fósforo en forma de las sales de los ácidos fluorofosfórico. Se prefieren especialmente en este caso las sales del ácido monofluorofosfórico. En particular se prefiere la sal de sodio.
65

De acuerdo con una forma de realización preferente se añaden fosfatos orgánicos a la mezcla de material moldeable como compuesto que contiene fósforo. Se prefieren según esto fosfatos de alquilo o arilo. Los grupos alquilo comprenden a este respecto preferentemente de 1 a 10 átomos de carbono y pueden ser de cadena lineal o ramificados. Los grupos arilo comprenden preferentemente de 6 a 18 átomos de carbono, pudiendo estar sustituidos los grupos arilo también mediante grupos alquilo. Se prefieren especialmente compuestos de fosfato, que se derivan de hidratos de carbono monoméricos o poliméricos tales como por ejemplo glucosa, celulosa o almidón. El uso de un componente orgánico que contiene fósforo como aditivo es ventajoso desde dos puntos de vista. Por un lado puede conseguirse mediante la porción de fósforo la estabilidad térmica necesaria del molde de fundición y por otro lado mediante la porción orgánica se ve influida positivamente la calidad de superficie de la correspondiente pieza de fundición.

Como fosfatos pueden usarse tanto ortofosfatos como también polifosfatos, pirofosfatos o metafosfatos. Los fosfatos pueden prepararse por ejemplo mediante neutralización de los correspondientes ácidos con una correspondiente base, por ejemplo una base de metal alcalino, tal como NaOH, o eventualmente también una base de metal alcalinotérreo, no debiendo estar saturadas necesariamente todas las cargas negativas del ion fosfato mediante iones metálicos. Pueden usarse tanto los fosfatos metálicos como también los hidrogenofosfatos metálicos así como los dihidrogenofosfatos metálicos, tales como por ejemplo Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 y NaH_2PO_4 . También pueden usarse los fosfatos libres de agua como también los hidratos de los fosfatos. Los fosfatos pueden estar introducidos tanto en forma cristalina como también en forma amorfa en la mezcla de material moldeable.

Por polifosfatos se entiende en particular fosfatos lineales, que comprenden más de un átomo de fósforo, estando unidos los átomos de fósforo en cada caso a través de puentes de oxígeno. Los polifosfatos se obtienen mediante condensación de iones ortofosfato con separación de agua, de modo que se obtiene una cadena lineal de tetraedros de PO_4 , que están unidos en cada caso en triángulos. Los polifosfatos presentan la fórmula general $(\text{O}(\text{PO}_3)_n)^{(n+2)-}$, correspondiendo n a la longitud de cadena. Un polifosfato puede comprender hasta varios cientos de tetraedros de PO_4 . Preferentemente se usan sin embargo polifosfatos con longitudes de cadena más cortas. Preferentemente presenta n valores de 2 a 100, en particular preferentemente de 5 a 50. Pueden usarse también polifosfatos más altamente condensados, es decir polifosfatos en los que los tetraedros de PO_4 están unidos entre sí en más de dos triángulos y por tanto muestran una polimerización en dos o tres dimensiones.

Por metafosfatos se entiende estructuras cíclicas que están constituidas por tetraedros de PO_4 , que están unidos en cada caso en triángulos. Los metafosfatos presentan la fórmula general $((\text{PO}_3)_n)^n$, en la que n asciende a al menos 3. Preferentemente presenta n valores de 3 a 10.

Pueden usarse tanto fosfatos individuales como también mezclas de diversos fosfatos y/u óxidos de fósforo.

La porción preferente del compuesto que contiene fósforo, con respecto al material base moldeable resistente al fuego, asciende a entre el 0,05 % y el 1,0 % en peso. Con una porción inferior al 0,05 % en peso no puede detectarse ninguna influencia clara sobre la estabilidad dimensional del molde de fundición. Si la porción del fosfato sobrepasa el 1,0 % en peso, disminuye mucho la resistencia a la rotura del molde de fundición. Preferentemente se selecciona la porción del compuesto que contiene fósforo entre el 0,10 % y el 0,5 % en peso. El compuesto que contiene fósforo contiene preferentemente entre el 0,5 % y el 90 % en peso de fósforo, calculado como P_2O_5 . Si se usan compuestos de fósforo inorgánicos, éstos contienen preferentemente del 40 % al 90 % en peso, en particular preferentemente del 50 % al 80 % en peso de fósforo, calculado como P_2O_5 . Si se usan compuestos de fósforo orgánicos, éstos contienen preferentemente del 0,5 % al 30 % en peso, en particular preferentemente del 1 % al 20 % en peso de fósforo, calculado como P_2O_5 .

El compuesto que contiene fósforo puede añadirse en sí en forma sólida o disuelta a la mezcla de material moldeable. Preferentemente se añade el compuesto que contiene fósforo a la mezcla de material moldeable como sólido. Si se añade el compuesto que contiene fósforo en forma disuelta, se prefiere agua como disolvente.

Como ventaja adicional de una adición de compuestos que contienen fósforo a mezclas de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición se encontró que los moldes tras la fundición del metal muestran una muy buena disgregación. Esto vale para metales que requieren temperaturas de fundición más bajas, tal como los metales ligeros, en particular aluminio. Sin embargo se encontró también una mejor disgregación del molde de fundición en la fundición de hierro. En la fundición de hierro actúan temperaturas más altas de más de 1200 °C sobre el molde de fundición, de modo que existe un riesgo elevado de una vitrificación del molde de fundición y con ello de un empeoramiento de las propiedades de disgregación.

En el contexto de los estudios realizados por los inventores con respecto a la estabilidad y con respecto a la disgregación de moldes de fundición se tomó en consideración también óxido de hierro como posible aditivo. En caso de adición de óxido de hierro a la mezcla de material moldeable se observa igualmente un aumento de la estabilidad del molde de fundición en la fundición del metal. Mediante la adición de óxido de hierro puede mejorarse por tanto de manera potencial igualmente la estabilidad de secciones de pared delgada del molde de fundición. La adición de óxido de hierro no provoca sin embargo la mejora observada en la adición de compuestos que contienen fósforo de las propiedades de disgregación del molde de fundición tras la fundición del metal, en particular fundición

de hierro.

5 La mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención representa una mezcla intensiva de al menos las partes constituyentes mencionadas. A este respecto, las partículas del material base moldeable resistente al fuego están revestidas preferentemente con una capa del aglutinante. Mediante evaporación del agua presente en el aglutinante (aproximadamente del 40 - 70 % en peso, con respecto al peso del aglutinante) puede conseguirse entonces una cohesión sólida entre las partículas del material base moldeable resistente al fuego.

10 El aglutinante, es decir el vidrio soluble así como el óxido de metal en forma de partículas, en particular dióxido de silicio amorfo sintético, y el hidrato de carbono está contenido en la mezcla de material moldeable preferentemente en una porción inferior al 20 % en peso, en particular preferentemente en un intervalo del 1 % al 15 % en peso. La porción del aglutinante se refiere a este respecto a la porción de sólidos del aglutinante. Si se usan materiales base moldeables resistentes al fuego macizos, tal como por ejemplo arena de cuarzo, está contenido el aglutinante preferentemente en una porción inferior al 10 % en peso, preferentemente inferior al 8 % en peso, en particular preferentemente inferior al 5 % en peso. Si se usan materiales base moldeables resistentes al fuego que presentan una baja densidad, tal como por ejemplo las microesferas huecas descritas anteriormente, se eleva de manera correspondiente la porción del aglutinante.

20 El óxido de metal en forma de partículas, en particular el dióxido de silicio amorfo sintético, está contenido, con respecto al peso total del aglutinante, preferentemente en una porción del 2 % al 80 % en peso, preferentemente entre el 3 % y el 60 % en peso, en particular preferentemente entre el 4 % y el 50 % en peso.

25 La porción de vidrio soluble con respecto al óxido de metal en forma de partículas, en particular dióxido de silicio amorfo sintético, puede variarse dentro de amplios intervalos. Esto ofrece la ventaja de mejorar la resistencia inicial del molde de fundición, es decir la resistencia directamente tras la extracción del molde caliente, y la estabilidad frente a la humedad, sin influir esencialmente en las resistencias finales, es decir la resistencias tras el enfriamiento del molde de fundición, en comparación con un aglutinante de vidrio soluble sin dióxido de silicio amorfo. Esto es de gran interés sobre todo en la fundición de metales ligeros. Por un lado se desean altas resistencias iniciales para poder transportar tras la fabricación del molde de fundición éste sin problemas o para poder reunirlo con otros moldes de fundición. Por otro lado, la resistencia final tras el curado debía no ser demasiada alta para evitar dificultades durante la disgregación del agente de unión tras la colada, es decir el material base moldeable debía poder separarse sin problemas de las cavidades del molde de fundición tras la fundición.

35 El material base moldeable contenido en la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención puede contener en una forma de realización de la invención al menos una porción de microesferas huecas. El diámetro de las microesferas huecas se encuentra normalmente en el intervalo de 5 a 500 µm, preferentemente en el intervalo de 10 a 350 µm y el espesor de la cubierta se encuentra habitualmente en el intervalo del 5 % al 15 % del diámetro de las microesferas. Estas microesferas presentan un peso específico muy bajo, de modo que los moldes de fundición fabricados usando las microesferas huecas presentan un peso bajo. Es especialmente ventajosa la acción aislante de las microesferas huecas. Las microesferas huecas se usan por tanto en particular para la fabricación de moldes de fundición cuando éstos deben presentar una acción aislante elevada. Tales moldes de fundición son por ejemplo las mazarotas ya descritas en la introducción, que actúan como recipientes de compensación y contienen metal líquido, debiéndose contener el metal en un estado líquido hasta que se haya solidificado el metal introducido en el molde hueco. Otro campo de aplicación de moldes de fundición que contienen microesferas huecas son por ejemplo secciones de un molde de fundición, que corresponden especialmente a secciones de pared delgada del molde de fundición acabado. Mediante la acción aislante de las microesferas huecas se garantiza que el metal en las secciones de pared delgada no solidifique de manera prematura y con ello obstruya las vías dentro del molde de fundición.

50 Si se usan microesferas huecas, se usa el aglutinante, de manera condicionada mediante la baja densidad de estas microesferas huecas, preferentemente en una porción en el intervalo de preferentemente menos del 20 % en peso, en particular preferentemente en el intervalo del 10 % al 18 % en peso. Los valores se refieren a la porción de sólidos del aglutinante.

55 Las microesferas huecas presentan preferentemente una estabilidad frente a la temperatura suficiente, de modo que durante la fundición del metal éstas no se ablanden de manera prematura y pierdan su forma. Las microesferas huecas están compuestas preferentemente de un silicato de aluminio. Estas microesferas huecas de silicato de aluminio presentan preferentemente un contenido en óxido de aluminio de más del 20 % en peso, sin embargo pueden presentar también un contenido de más del 40 % en peso. Tales microesferas huecas se comercializan por ejemplo por Omega Minerals Germany GmbH, Norderstedt, con las denominaciones Omega-Spheres® SG con un contenido en óxido de aluminio de aproximadamente el 28 - 33 %, Omega-Spheres® WSG con un contenido en óxido de aluminio de aproximadamente el 35 - 39 % y E-Spheres® con un contenido en óxido de aluminio de aproximadamente el 43 %. Pueden obtenerse productos correspondientes por PQ Corporation (EE.UU.) con la denominación "Extendospheres®".

65

De acuerdo con otra forma de realización se usan microesferas huecas como material base moldeable resistente al fuego, que están compuestas de vidrio.

5 De acuerdo con una forma de realización preferente, las microesferas huecas están constituidas por un vidrio de borosilicato. El vidrio de borosilicato presenta a este respecto una porción de boro, calculado como B_2O_3 , de más del 3 % en peso. La porción de las microesferas huecas se selecciona preferentemente menor del 20 % en peso, con respecto a la mezcla de material moldeable. Con el uso de microesferas huecas de vidrio de borosilicato se selecciona preferentemente una baja porción. Ésta asciende preferentemente a menos del 5 % en peso, preferentemente menos del 3 % en peso, y se encuentra en particular preferentemente en el intervalo del 0,01 % al 2 % en peso.

15 Tal como se ha explicado ya, la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención en una forma de realización preferente contiene al menos una porción de granulado de vidrio y/o perlas de vidrio como material base moldeable resistente al fuego.

20 Es también posible formar la mezcla de material moldeable como mezcla de material moldeable exotérmica, que sea adecuada por ejemplo para la fabricación de mazarotas exotérmicas. Para ello contiene la mezcla de material moldeable un metal oxidable y un agente de oxidación adecuado. Con respecto a la masa total de la mezcla de material moldeable forman los metales oxidables preferentemente una porción del 15 % al 35 % en peso. El agente de oxidación se añade preferentemente en una porción del 20 % al 30 % en peso, con respecto a la mezcla de material moldeable. Los metales oxidables adecuados son por ejemplo aluminio o magnesio. Los agentes de oxidación adecuados son por ejemplo óxido de hierro o nitrato de potasio.

25 Los aglutinantes que contienen agua dan como resultado en comparación con aglutinantes a base de disolventes orgánicos una peor capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable. La capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable puede empeorarse más mediante la adición del óxido de metal en forma de partículas. Esto significa que útiles de moldeo con pasos estrechos y varias desviaciones pueden llenarse peor. Como consecuencia de esto los moldes de fundición tienen secciones con compactación insuficiente, lo que puede conducir a su vez durante la colada a defectos de fundición. De acuerdo con una forma de realización ventajosa contiene la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención una porción de un agente lubricante, preferentemente de un agente lubricante en forma de escamas, en particular grafito, MoS_2 , talco y/o pirofilita. Sorprendentemente se ha mostrado que con una adición de agentes lubricantes de este tipo, en particular de grafito, pueden fabricarse también moldes complejos con secciones de pared delgada, presentando los moldes de fundición de manera continua una resistencia y densidad uniformemente alta, de modo que durante la fundición no se observen esencialmente defectos de fundición. La cantidad del agente lubricante en forma de escamas usado, en particular grafito, asciende preferentemente a del 0,05 % en peso al 1 % en peso, con respecto al material base moldeable resistente al fuego.

40 Además de las partes constituyentes mencionadas puede comprender la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención aún otros aditivos. Por ejemplo pueden añadirse agentes separadores internos, que facilitan el desprendimiento de los moldes de fundición del útil de moldeo. Los agentes de separación internos adecuados son por ejemplo estearato de calcio, ésteres de ácidos grasos, ceras, resinas naturales o resinas alquídicas especiales. Además pueden proporcionarse también silanos a la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención.

45 Así contiene la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención en una forma de realización preferente un aditivo orgánico que presenta un punto de fusión en el intervalo de 40 °C a 180 °C, preferentemente de 50 °C a 175 °C, o sea es sólido a temperatura ambiente. Por aditivos orgánicos se entiende a este respecto compuestos cuya estructura molecular está constituida predominantemente por átomos de carbono, o sea por ejemplo polímeros orgánicos. Mediante la adición de los aditivos orgánicos puede mejorarse adicionalmente la calidad de la superficie de la pieza de fundición. El mecanismo de acción de los aditivos orgánicos no está resuelto. Sin querer unirse a esta teoría, los inventores suponen sin embargo que al menos una parte de los aditivos orgánicos se consumen en el proceso de fundición y a este respecto se produce un colchón de gas delgado entre el metal líquido y el material base moldeable que forma la pared del molde de fundición y así se impide una reacción entre el metal líquido y el material base moldeable. Además, los inventores suponen que una parte de los aditivos orgánicos, bajo la atmósfera reductora que impera durante la fundición, forma una capa delgada del denominado carbono lustroso, que igualmente impide una reacción entre el metal y el material base moldeable. Como otra acción ventajosa puede conseguirse mediante la adición de los aditivos orgánicos un aumento de la resistencia del molde de fundición tras el curado.

60 Los aditivos orgánicos se añaden preferentemente en una cantidad del 0,01 % al 1,5 % en peso, en particular preferentemente del 0,05 % al 1,3 % en peso, de manera especialmente preferente del 0,1 % al 1,0 % en peso, en cada caso con respecto al material moldeable resistente al fuego. Para evitar un fuerte desarrollo de humo durante la fundición del metal, se selecciona la porción de aditivos orgánicos preferentemente más baja del 0,5 % en peso.

Sorprendentemente se encontró que puede conseguirse una mejora de la superficie de la pieza de fundición con aditivos orgánicos muy distintos. Los aditivos orgánicos adecuados son por ejemplo resinas de fenol-formaldehído, tales como por ejemplo novolaca, resinas epoxidicas, tales como por ejemplo resinas de bisfenol-A-epóxido, resinas de bisfenol-F-epóxido o novolacas epoxidadas, polioles, tales como por ejemplo polietilenglicoles o polipropilenglicoles, poliolefinas, tales como por ejemplo polietileno o polipropileno, copolímeros de olefinas, tales como etileno o propileno, y otros comonómeros, tales como acetato de vinilo, poliamidas, tales como por ejemplo poliamida-6, poliamida-12 o poliamida-6,6, resinas naturales, tales como por ejemplo resina balsámica, ácidos grasos, tales como por ejemplo ácido esteárico, éster de ácido graso, tales como por ejemplo palmitato de cetilo, amidas de ácidos grasos, tales como por ejemplo etilendiaminbisestearamida, así como jabones metálicos, tales como por ejemplo estearatos u oleatos de metales de monohidroxilados a trihidroxilados. Los aditivos orgánicos pueden estar contenidos tanto como sustancia pura, como también como mezcla de distintos compuestos orgánicos.

De acuerdo con otra forma de realización preferente, la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención contiene una porción al menos de un silano. Los silanos adecuados son por ejemplo aminosilanos, epoxisilanos, mercaptosilanos, hidroxisilanos, metacrilosilanos, ureidosilanos y polisiloxanos. Ejemplos de silanos adecuados son γ -aminopropiltrimetoxisilano, γ -hidroxipropiltrimetoxisilano, 3-ureidopropiltriethoxisilano, γ -mercaptopropiltrimetoxisilano, γ -glicidoxipropiltrimetoxisilano, β -(3,4-epoxiciclohexil)-trimetoxisilano, 3-metacriloxipropiltrimetoxisilano y N- β (aminoetil)- γ -aminopropiltrimetoxisilano.

Con respecto al óxido de metal en forma de partículas se usan normalmente de aproximadamente el 5 - 50 % en peso de silano, preferentemente de aproximadamente el 7 - 45 % en peso, de manera especialmente preferente de aproximadamente el 10 - 40 % en peso.

A pesar de las altas resistencias que pueden conseguirse con el aglutinante de acuerdo con la invención, los moldes de fundición fabricados con la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención, en particular núcleos y moldes, muestran tras la colada sorprendentemente una buena disgregación, en particular en la fundición de aluminio. Tal como se ha explicado ya, se ha encontrado también que con la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención pueden fabricarse moldes de fundición que muestran también en la fundición de hierro una muy buena disgregación, de modo que puede evacuarse de nuevo la mezcla de material moldeable tras la fundición sin más también de secciones estrechas y con rincones del molde de fundición. El uso de los cuerpos moldeados fabricados a partir de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención no está limitado por tanto a la fundición de metales ligeros. Los moldes de fundición son adecuados generalmente para la fundición de metales. Tales metales son por ejemplo metales no ferrosos, tales como latón o bronce, así como metales ferrosos.

La invención se refiere además a un procedimiento para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metal, usándose la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención. El procedimiento de acuerdo con la invención comprende las etapas:

- preparar la mezcla de material moldeable descrita anteriormente;
- moldear la mezcla de material moldeable;
- curar la mezcla de material moldeable moldeada, calentándose la mezcla de material moldeable, obteniéndose el molde de fundición curado.

En la preparación de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención se procede en general de modo que en primer lugar se dispone el material base moldeable resistente al fuego y después se añade con agitación el aglutinante. A este respecto puede añadirse el vidrio soluble así como el óxido de metal en forma de partículas, en particular el dióxido de silicio amorfo sintético, y el hidrato de carbono en sí en cualquier orden. El hidrato de carbono puede añadirse en forma seca, por ejemplo en forma de polvo de almidón. Sin embargo es también posible añadir el hidrato de carbono en forma disuelta. Se prefieren a este respecto soluciones acuosas del hidrato de carbono. El uso de soluciones acuosas es ventajoso en particular cuando éstas están a disposición ya como solución, tal como en el caso de jarabe de glucosa debido al proceso de fabricación. La solución del hidrato de carbono puede mezclarse también antes de la adición al material base moldeable resistente al fuego con el vidrio soluble. Preferentemente se proporciona el hidrato de carbono en forma sólida al material base moldeable resistente al fuego.

De acuerdo con otra forma de realización puede introducirse el hidrato de carbono en la mezcla de material moldeable, envolviéndose un soporte adecuado, por ejemplo otros aditivos o el material base moldeable resistente al fuego con una solución del correspondiente hidrato de carbono. Como disolvente puede usarse agua o también un disolvente orgánico. Preferentemente se usa sin embargo agua como disolvente. Para una mejor unión entre la envoltura de hidrato de carbono y el soporte y para la separación del disolvente puede realizarse tras el revestimiento una etapa de secado. Esto puede realizarse por ejemplo en un horno de secado o con la acción de radiación de microondas.

Los aditivos descritos anteriormente pueden añadirse en sí en cualquier forma de la mezcla de material moldeable. Éstos pueden dosificarse de manera individual o también como mezcla. Éstos pueden añadirse en forma de un sólido, sin embargo también en forma de soluciones, pastas o dispersiones. Si se realiza la adición como solución, pasta o dispersión, se prefiere agua como disolvente. Igualmente es posible aprovechar el vidrio soluble usado como aglutinante como medio de disolución o dispersión para los aditivos.

De acuerdo con una forma de realización preferente se proporciona el aglutinante como sistema de dos componentes, en el que un primer componente líquido contiene el vidrio soluble y un segundo componente sólido el óxido de metal en forma de partículas. El componente sólido puede comprender además por ejemplo el fosfato así como eventualmente un lubricante, preferentemente en forma de escamas. Si el hidrato de carbono se proporciona en forma sólida a la mezcla de material moldeable, puede adjudicarse éste igualmente al componente sólido.

En la preparación de la mezcla de material moldeable se dispone el material base moldeable resistente al fuego en una mezcladora y entonces preferentemente en primer lugar se añade(n) el(los) componente(s) sólido(s) del aglutinante y se mezcla con el material base moldeable resistente al fuego. La duración del mezclado se selecciona de modo que se realice un mezclado profundo del material base moldeable resistente al fuego y el componente de aglutinante sólido. La duración del mezclado depende de la cantidad de la mezcla de material moldeable que va a prepararse así como de la unidad de mezclado usada. Preferentemente se selecciona la duración del mezclado entre 1 y 5 minutos. Con movimiento preferentemente posterior de la mezcla se añade entonces el componente líquido del aglutinante y entonces se mezcla adicionalmente la mezcla hasta que se haya formado sobre los granos del material base moldeable resistente al fuego una capa uniforme del aglutinante. También en este caso, la duración del mezclado depende de la cantidad de la mezcla de material moldeable que va a prepararse así como de la unidad de mezclado usada. Preferentemente se selecciona la duración para el proceso de mezclado entre 1 y 5 minutos. Por un componente líquido se entiende tanto una mezcla de distintos componentes líquidos como también la totalidad de todos los componentes líquidos individuales, pudiéndose añadir esto últimos también de manera individual. Igualmente se entiende por un componente sólido tanto la mezcla de componentes sólidos individuales o de todos los componentes sólidos descritos anteriormente como también la totalidad de todos los componentes individuales, pudiéndose proporcionar estos últimos de manera conjunta o también sucesivamente a la mezcla de material moldeable.

De acuerdo con otra forma de realización puede proporcionarse también en primer lugar el componente líquido del aglutinante al material base moldeable resistente al fuego y solo entonces se añade el componente sólido a la mezcla. De acuerdo con otra forma de realización se proporciona en primer lugar del 0,05 % al 0,3 % de agua, con respecto al peso del material base moldeable, al material base moldeable resistente al fuego y solo a continuación se añaden los componentes sólidos y líquidos del aglutinante. Con esta forma de realización puede conseguirse un sorprendente efecto positivo sobre el tiempo de procesamiento de la mezcla de material moldeable. Los investigadores suponen que la acción de extracción de agua de los componentes sólidos del aglutinante se reduce de esta manera y se retrasa debido a ello el proceso de curado.

La mezcla de material moldeable se lleva a continuación a la forma deseada. A este respecto se usan procedimientos habituales para la conformación. Por ejemplo puede dispararse la mezcla de material moldeable por medio de una moldeadora neumática de machos con ayuda de aire comprimido en el útil de moldeo. La mezcla de material moldeable se cura a continuación mediante alimentación de calor para evaporar el agua contenida en el aglutinante. Con el calentamiento se extrae agua de la mezcla de material moldeable. Mediante la extracción de agua se inician probablemente también reacciones de condensación entre grupos silanol, de modo que comienza una reticulación del vidrio soluble. En los procedimientos de curado en frío descritos en el estado de la técnica se provoca, por ejemplo mediante introducción de dióxido de carbono o mediante cationes metálicos polivalentes, una precipitación de compuestos poco solubles y con ello una solidificación del molde de fundición.

El calentamiento de la mezcla de material moldeable puede realizarse por ejemplo en el útil de moldeo. Es posible curar completamente el molde de fundición ya en el útil de moldeo. Sin embargo también es posible curar el molde de fundición solo en su zona de borde, de modo que éste presente una resistencia suficiente para poder extraerse del útil de moldeo. El molde de fundición puede curarse entonces a continuación completamente, extrayéndose de éste agua adicional. Esto puede realizarse por ejemplo en un horno. La extracción de agua puede realizarse por ejemplo también evaporándose el agua con presión reducida.

El curado de los moldes de fundición puede acelerarse mediante introducción por soplado de aire calentado en el útil de moldeo. Con esta forma de realización del procedimiento se consigue un transporte rápido del agua contenida en el aglutinante, de manera que el molde de fundición se solidifica en espacios de tiempo adecuados para una aplicación industrial. La temperatura del aire introducido por soplado asciende preferentemente a de 100 °C a 180 °C, en particular preferentemente de 120 °C a 150 °C. La velocidad de flujo del aire calentado se ajusta preferentemente de modo que se realice un curado del molde de fundición en espacios de tiempo adecuados para una aplicación industrial. Los espacios de tiempo dependen del tamaño de los moldes de fundición fabricados. Se pretende un curado en un espacio de tiempo inferior a 5 minutos, preferentemente inferior a 2 minutos. En caso de moldes de fundición muy grandes pueden ser necesarios sin embargo también espacios de tiempo más largos.

La separación del agua de la mezcla de material moldeable puede realizarse también de manera que se provoque el calentamiento de la mezcla de material moldeable mediante radiación de microondas. La radiación de microondas se realiza sin embargo preferentemente después de se haya extraído el molde de fundición del útil de moldeo. Para ello debe presentar el molde de fundición sin embargo ya una resistencia suficiente. Tal como ya se ha explicado, puede provocarse esto por ejemplo debido a que al menos una cubierta exterior del molde de fundición se cura ya en el útil de moldeo.

Mediante el curado térmico de la mezcla de material moldeable con extracción de agua se evita el problema de una solidificación posterior del molde de fundición durante la fundición del metal. En el procedimiento de curado en frío descrito en el estado de la técnica, en el que se conduce dióxido de carbono por la mezcla de material moldeable, se hacen precipitar carbonatos del vidrio soluble. En el molde de fundición curado permanece unida sin embargo relativamente mucha agua, que se expulsa entonces durante la fundición del metal y conduce a una solidificación muy alta del molde de fundición. Además, los moldes de fundición que se han solidificado mediante introducción de dióxido de carbono no consiguen la estabilidad de moldes de fundición que se han curado térmicamente mediante extracción de agua. Mediante la formación de carbonatos se altera la estructura del aglutinante, por lo que éste pierde en resistencia. Con moldes de fundición curados en frío a base de vidrio soluble no pueden fabricarse por tanto secciones delgadas de un molde de fundición, que eventualmente presentan también aún una geometría compleja. Los moldes de fundición que se curan en frío mediante introducción de dióxido de carbono, no son por tanto adecuados para la fabricación de piezas de fundición con geometría muy complicada y pasos estrechos con varias desviaciones, tales como canales de aceite en motores de combustión, dado que el molde de fundición no consigue la estabilidad necesaria y puede separarse el molde de fundición completamente de la pieza de fundición tras la fundición del metal solo con esfuerzo muy alto. Con el curado térmico se separa el agua en gran parte del molde de fundición y en la fundición del metal se observa un endurecimiento posterior claramente más bajo del molde de fundición. Tras la fundición del metal muestra el molde de fundición una disgregación esencialmente mejor que los moldes de fundición que se han curado mediante introducción de dióxido de carbono. Mediante el curado térmico pueden fabricarse también moldes de fundición que sean adecuados para la fabricación de piezas de fundición con geometría muy compleja y pasos estrechos.

Tal como se ha explicado ya anteriormente, mediante la adición de agentes lubricantes, preferentemente en forma de escamas, en particular grafito y/o MoS₂ y/o talco, puede mejorarse la capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención. También los minerales similares al talco, tal como por ejemplo pirofilita, pueden mejorar la capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable. En la fabricación puede añadirse el agente lubricante en forma de escamas, en particular grafito y/o talco, a este respecto de manera separada de los dos componentes de aglutinante a la mezcla de material moldeable. Sin embargo es igualmente muy posible mezclar previamente el agente lubricante en forma de escamas, en particular grafito, con el óxido de metal en forma de partículas, en particular el dióxido de silicio amorfo sintético, y solo entonces mezclar con el vidrio soluble y el material base moldeable resistente al fuego.

Además del hidrato de carbono puede comprender la mezcla de material moldeable, tal como se ha descrito ya, también aún otros aditivos orgánicos. La adición de estos otros aditivos orgánicos puede realizarse en sí en cualquier momento de la fabricación de la mezcla de material moldeable. La adición del aditivo orgánico puede realizarse a este respecto en sustancia o también en forma de una solución. La cantidad de aditivos orgánicos se selecciona sin embargo preferentemente baja, en particular preferentemente más baja del 0,5 % en peso con respecto al material base moldeable resistente al fuego. Preferentemente se selecciona la cantidad total de aditivos orgánicos, o sea incluyendo el hidrato de carbono, más baja del 0,5 % en peso, con respecto al material base moldeable resistente al fuego.

Los aditivos orgánicos solubles en agua pueden usarse en forma de una solución acuosa. Siempre que los aditivos orgánicos sean solubles en el aglutinante y sean estables en almacenamiento durante varios meses sin descomponerse en esto, pueden disolverse también en el aglutinante y añadirse así junto con éste al material base moldeable. Los aditivos insolubles en agua pueden usarse en forma de una dispersión o una pasta. Las dispersiones o pastas contienen preferentemente agua como medio de dispersión. En sí pueden prepararse soluciones o pastas de los aditivos orgánicos también en disolventes orgánicos. Si se usa para la adición de los aditivos orgánicos sin embargo un disolvente, entonces se usa preferentemente agua.

Preferentemente se realiza la adición de los aditivos orgánicos como polvo o como fibras cortas, seleccionándose el tamaño de partícula promedio o la longitud de fibras preferentemente de modo que éste no sobrepase el tamaño de las partículas de material base moldeable resistente al fuego. De manera especialmente preferente pueden tamizarse los aditivos orgánicos a través de un tamiz con un ancho de malla de aproximadamente 0,3 mm. Para reducir el número de los componentes añadidos al material base moldeable resistente al fuego, se añaden el óxido de metal en forma de partículas y el o los aditivos orgánicos a la arena de molde preferentemente de manera no separada, sino mezclados previamente.

Si la mezcla de material moldeable contiene silanos o siloxanos, entonces se realiza su adición habitualmente de forma que se introduzcan éstos previamente en el aglutinante. Los silanos o siloxanos pueden añadirse al material base moldeable sin embargo también como componente separado. Es especialmente ventajoso sin embargo

silanizar el óxido de metal en forma de partículas, es decir mezclar el óxido de metal con el silano o siloxano, de modo que su superficie se dote de una capa de silano o siloxano delgada. Si se usa el óxido de metal en forma de partículas así tratado previamente, entonces se encuentran elevadas resistencias en comparación con el óxido de metal no tratado así como una resistencia mejorada contra una alta humedad del aire. Si se añade un aditivo orgánico, tal como se ha descrito, a la mezcla de material moldeable o al óxido de metal en forma de partículas, es conveniente realizar esto antes de la silanización.

El procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado en sí para la fabricación de todos los moldes de fundición habituales para la fundición del metal, o sea por ejemplo de núcleos y moldes. De manera especialmente ventajosa pueden fabricarse a este respecto también moldes de fundición que comprendan secciones de pared muy delgada. En particular con la adición de material base moldeable resistente al fuego aislante o con la adición de materiales exotérmicos a la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención es adecuado el procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de mazarotas.

Los moldes de fundición fabricados a partir de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención o con el procedimiento de acuerdo con la invención presentan una alta resistencia directamente tras la fabricación, sin que la resistencia de los moldes de fundición sea alta tras el curado de modo que se produzcan dificultades tras la fabricación de la pieza de fundición durante la separación del molde de fundición. En este caso se encontró que el molde de fundición presenta muy buenas propiedades de disgregación tanto en la fundición de metales ligeros, en particular fundición de aluminio, como también en la fundición de hierro. Además presentan estos moldes de fundición una alta estabilidad con humedad del aire elevada, es decir los moldes de fundición pueden almacenarse sorprendentemente también durante mucho más tiempo sin problemas. Como ventaja especial presenta el molde de fundición una estabilidad muy alta con carga mecánica, de modo que pueden realizarse también secciones de pared delgada del molde de fundición, sin que éstas se deformen mediante la presión metaloestática durante el proceso de fundición. Otro objeto de la invención es por tanto un molde de fundición que se obtuvo según el procedimiento de acuerdo con la invención descrito anteriormente.

El molde de fundición de acuerdo con la invención es adecuado generalmente para la fundición del metal, en particular fundición de metales ligeros. Se obtienen resultados especialmente ventajosos en caso de fundición de aluminio.

La invención se explica en más detalle a continuación por medio de los ejemplos.

Ejemplo 1

Influencia del dióxido de silicio amorfo preparado de manera sintética y diversos hidratos de carbono sobre la resistencia de cuerpos moldeados con arena de cuarzo como material base moldeable.

1. Preparación y prueba de la mezcla de material moldeable

Para la prueba de la mezcla de material moldeable se fabricaron las denominadas barras de prueba de Georg-Fischer. Por barras de prueba de Georg-Fischer se entiende barras de prueba en forma de paralelepípedo 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 fabricación de las barras de prueba de Georg-Fischer se procedió tal como sigue:

Los componentes expuestos en la tabla 1 se mezclaron en una mezcladora de aletas de laboratorio (empresa Vogel & Schemmann AG, Hagen, DE). Para ello se dispuso en primer lugar la arena de cuarzo y se añadió con agitación el vidrio soluble. Como vidrio soluble se usó un vidrio soluble de sodio, que presentaba proporciones de potasio. En las siguientes tablas se indica el módulo por tanto con $\text{SiO}_2 : \text{M}_2\text{O}$, en el que M indica la suma de sodio y potasio. Después de haber agitado la mezcla durante un minuto, se añadieron eventualmente el dióxido de silicio amorfo y/o el hidrato de carbono con agitación adicional. La mezcla se agitó a continuación aún durante otro minuto;

Las mezclas de material moldeable se transfirieron a la tolva de alimentación de una moldeadora neumática de machos *hot-box* H 2,5 de la empresa Röperwerk - Gießereimaschinen GmbH, Viersen, DE, cuyo útil de moldeo estaba calentado hasta 200 °C;

Las mezclas de material moldeable se introdujeron por medio de aire comprimido (5 bar) en el útil de moldeo y permanecieron durante otros 35 segundos en el útil de moldeo;

Para la aceleración del curado de las mezclas se condujo durante los últimos 20 segundos aire caliente (2 bar, 120 °C en la entrada en el molde) por el útil de moldeo;

El útil de moldeo se abrió y se extrajeron las barras de prueba.

Para la determinación de las resistencias a la flexión se colocaron las barras de prueba en un aparato de prueba de la resistencia de Georg-Fischer, equipado con un dispositivo de flexión de 3 puntos (DISA Industrie AG, Schaffhausen, CH) y se midió la fuerza que conducía a la rotura de las barras de prueba.

5 Las resistencias a la flexión se midieron según el siguiente esquema:

- 10 segundos tras la extracción (resistencias en caliente)

- 1 hora tras la extracción (resistencias en frío)

10

- almacenamiento durante 3 horas de los núcleos enfriados en un armario climatizado a 30 °C y un 75 % de humedad del aire relativa.

Tabla 1

Composición de las mezclas de material moldeable					
	arena de cuarzo H32	vidrio soluble alcalino	dióxido de silicio amorfo	hidrato de carbono	
1.1	100 GT	2,0 ^{a)}			comparación, no de acuerdo con la invención
1.2	100 GT	2,0 ^{a)}	0,2 ^{b)}		comparación, no de acuerdo con la invención
1.3	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}		comparación, no de acuerdo con la invención
1.4	100 GT	2,0 ^{a)}		0,2 ^{c)}	comparación, no de acuerdo con la invención
1.5	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,2 ^{c)}	de acuerdo con la invención
1.6	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,2 ^{d)}	de acuerdo con la invención
1.7	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,2 ^{e)}	de acuerdo con la invención
1.8	100 GT	2,0 ^{a)}	0,5 ^{b)}	0,1 ^{c)}	de acuerdo con la invención

^{a)} vidrio soluble alcalino con módulo SiO₂:M₂O de aproximadamente 2,3
^{b)} Elkem Microsilica 971 (ácido silícico pirógeno; fabricación en un horno de arco eléctrico)
^{c)} dextrina de patata amarilla (empresa Cerestar), añadida como sólido
^{d)} etilcelulosa (Ethocel[®], empresa Dow), añadida como sólido
^{e)} derivado de almidón de patata (Emdex GDH 43, empresa Emsland-Stärke GmbH), añadido como sólido

15

Tabla 2

Resistencias a la flexión				
	Resistencias en caliente [N/cm ²]	Resistencias en frío [N/cm ²]	Tras almacenamiento en un armario climatizado [N/cm ²]	
1.1	80	420	10	comparación, no de acuerdo con la invención
1.2	120	500	140	comparación, no de acuerdo con la invención
1.3	170	520	190	comparación, no de acuerdo con la invención
1.4	120	450	100	comparación, no de acuerdo con la invención
1.5	200	580	320	de acuerdo con la invención
1.6	140	400	250	de acuerdo con la invención
1.7	180	450	250	de acuerdo con la invención
1.8	180	460	210	de acuerdo con la invención

Resultado

20 Influencia del hidrato de carbono añadido

El ejemplo 1.1 muestra que sin adición de dióxido de silicio amorfo o de un hidrato de carbono no pueden conseguirse resistencias en caliente suficientes. También la estabilidad en almacenamiento de los núcleos fabricados con mezcla de material moldeable 1.1 muestra que con éstos no es posible una fabricación de núcleos en serie de procedimiento seguro. Mediante la adición de dióxido de silicio amorfo pueden aumentar las resistencias en

25

caliente (ejemplo 1.2 y 1.3), de modo que los núcleos dispongan de una suficiente resistencia para procesar éstos directamente tras la fabricación de núcleo. La adición de dióxido de silicio amorfo mejora la estabilidad en almacenamiento de los núcleos, en particular con alta humedad del aire relativa. La adición de compuestos de hidratos de carbono, en particular de compuestos de dextrina (ejemplo 1.4), conduce sorprendentemente al igual que en el caso del dióxido de silicio amorfo a la mejora de la resistencia en caliente. Adicionalmente se muestra, en comparación con la mezcla de material moldeable 1.1, una estabilidad en almacenamiento mejorada de los núcleos fabricados. La adición combinada de dióxido de silicio amorfo y dextrina (ejemplo 1.5) muestra resistencias inmediatas especialmente altas y una estabilidad en almacenamiento optimizada adicionalmente. También las resistencias finales son claramente elevadas en comparación con las otras mezclas. El uso de etilcelulosa (ejemplo 1.6) o de un derivado de almidón de patata (ejemplo 1.7) en combinación con dióxido de silicio amorfo permite igualmente una fabricación de núcleos de procedimiento seguro. También una adición de solo el 0,1 % de dextrina de patata (mezcla 1.8) repercute positivamente en las resistencias inmediatas y la estabilidad en almacenamiento de los núcleos (en comparación con la mezcla 1.3)

15 **Ejemplo 2**

Influencia del dióxido de silicio amorfo preparado de manera sintética y diversos hidratos de carbono sobre la superficie de fundición de las piezas de fundición fabricadas con cuerpos moldeados de la mezcla de material moldeable mencionada anteriormente (tabla 1).

Se colocaron barras de prueba de Georg-Fischer de las mezclas de material moldeable 1.1 a 1.8 en un molde fundición de arena de manera que durante el proceso de fundición estuvieran en contacto tres de los cuatro lados longitudinales con el metal de fundición. Se fundió con una aleación de aluminio tipo 226 a una temperatura de fundición de 735 °C. Tras enfriar el molde de fundición se liberó la pieza de fundición de la arena por medio de golpes de martillo con alta frecuencia. Las piezas de fundición se evaluaron con respecto a las adherencias de arena que quedan.

La sección de fundición de la mezcla 1.1 muestra al igual que las mezclas 1.2 y 1.3 adherencias de arena muy fuertes. La mezcla de material moldeable que contiene hidrato de carbono (mezcla 1.4) tiene una influencia positiva sobre la calidad de la superficie de fundición. Las secciones de fundición de las mezclas 1.5, 1.6 y 1.7 apenas presentan igualmente adherencias de arena, de manera que también en estos casos se confirma la influencia positiva de los hidratos de carbono (en este caso en forma de dextrina y etilcelulosa) sobre la calidad de superficies de fundición. Lógicamente la adición de únicamente un 0,1 % de dextrina (mezcla 1.8) provoca una clara mejora de la calidad de superficie en comparación con la comparación libre de hidrato de carbono (mezcla 1.3).

REIVINDICACIONES

1. Mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metales, que comprende al menos:
- 5
- un material base moldeable resistente al fuego;
 - un aglutinante a base de vidrio soluble;
 - una porción de un óxido de metal en forma de partículas, que se selecciona del grupo de dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de titanio y óxido de cinc;
- 10 **caracterizada por que** a la mezcla de material moldeable se añade un hidrato de carbono.
2. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la porción del hidrato de carbono, con respecto al material base moldeable resistente al fuego, se selecciona en el intervalo del 0,01 al 5 % en peso, preferentemente en el intervalo del 0,02 al 2,5 % en peso, de manera especialmente preferente en el intervalo del 0,05 al 2,5 % en peso, en particular preferentemente en el intervalo del 0,1 al 0,4 % en peso.
- 15
3. Mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el hidrato de carbono es un oligosacárido o un polisacárido, en donde el oligosacárido o el polisacárido presentan una masa molar en el intervalo de 1.000 a 100.000 g/mol, preferentemente de 2.000 a 30.000 g/mol; y/o
- 20
- el polisacárido está constituido por unidades de glucosa; y/o
 - el hidrato de carbono se selecciona del grupo de celulosa, almidón y dextrinas así como derivados de estos hidratos de carbono; y/o
- 25
- el hidrato de carbono es un hidrato de carbono no derivatizado.
4. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 3, **caracterizada por que** la dextrina se selecciona del grupo de dextrina de patata, dextrina de maíz, dextrina amarilla, dextrina blanca, dextrina de bórax, ciclodextrina y maltodextrina; y/o el almidón se selecciona del grupo de almidón de patata, de maíz, de arroz, de guisantes, de plátano, de castaña de Indias o de trigo.
- 30
5. Mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** a la mezcla de material moldeable se añade un fosfato, preferentemente un ortofosfato, un metafosfato o un polifosfato, y/o el fosfato es un fosfato orgánico, que se deriva preferentemente del grupo de los fosfatos que contienen alquilo, arilo o hidrato de carbono.
- 35
6. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 5, **caracterizada por que**
- la porción del compuesto que contiene fósforo, con respecto al material base moldeable resistente al fuego, se selecciona entre el 0,05 y el 1,0 % en peso; y/o
 - el compuesto que contiene fósforo presenta un contenido en fósforo del 0,5 al 90 % en peso, calculado como P₂O₅.
- 40
7. Mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el óxido de metal en forma de partículas se selecciona del grupo de ácido silícico precipitado y ácido silícico pirógeno; y/o
- 45
- el vidrio soluble presenta un módulo SiO₂/M₂O en el intervalo de 1,6 a 4,0, en particular de 2,0 a 3,5, en donde M significa iones sodio y/o iones potasio; y/o
 - el vidrio soluble presenta una porción de sólidos de SiO₂ y M₂O en el intervalo del 30 al 60 % en peso; y/o
- 50
- el aglutinante está contenido en una porción inferior al 20 % en peso en la mezcla de material moldeable; y/o
 - el óxido de metal en forma de partículas está contenido en una porción del 2 al 80 % en peso con respecto al aglutinante.
8. Mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el material base moldeable contiene al menos una porción de microesferas huecas, en donde preferentemente las microesferas huecas son microesferas huecas de silicato de aluminio y/o microesferas huecas de vidrio.
- 55
9. Mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que**
- el material base moldeable contiene al menos una porción de granulado de vidrio, perlas de vidrio y/o cuerpos moldeados cerámicos en forma de esfera; y/o
 - el material base moldeable contiene al menos una porción de mullita, arena de mena de cromo y/o olivina; y/o
 - a la mezcla de material moldeable se añade un metal oxidable y un agente de oxidación; y/o
- 60
- la mezcla de material moldeable contiene una porción de un agente lubricante en forma de escamas, seleccionándose preferentemente el agente lubricante en forma de escamas de grafito, sulfuro de molibdeno, talco y/o pirofilita.
- 65

- 5 10. Mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la mezcla de material moldeable contiene una porción al menos de un aditivo orgánico sólido a temperatura ambiente; y/o la mezcla de material moldeable contiene al menos un silano o un siloxano.
- 10 11. Procedimiento para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metales, con las etapas de:
- preparar una mezcla de material moldeable según una de las reivindicaciones 1 a 10;
 - moldear la mezcla de material moldeable;
 - 10 - curar la mezcla de material moldeable moldeada calentando la mezcla de material moldeable moldeada, obteniéndose el molde de fundición curado.
- 15 12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado por que** la mezcla de material moldeable se calienta hasta una temperatura en el intervalo de 100 a 300 °C.
- 20 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que**
- para el curado se introduce por soplado aire calentado en la mezcla de material moldeable moldeada; y/o
 - el calentamiento de la mezcla de material moldeable se produce mediante acción de microondas; y/o
 - 20 - el molde de fundición es una mazarota.
14. Molde de fundición, obtenido según un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 13.
- 25 15. Uso del molde de fundición según la reivindicación 14 para la fundición de metales, en particular fundición de metales ligeros.