(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 609 985**

(51) Int. Cl.:

B22C 1/18 (2006.01)
B22C 9/02 (2006.01)
B22C 9/12 (2006.01)
C04B 35/14 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2013** **PCT/DE2013/000309**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2013** **WO13182186**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2013** **E 13735188 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 2858770**

(54) Título: **Mezclas de material moldeable que contienen sulfato de bario así como procedimiento para la fabricación de moldes de fundición / núcleos, procedimiento para la fundición de aluminio y molde o núcleo que por consiguiente pueden fabricarse**

(30) Prioridad:

06.06.2012 DE 102012104934

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.04.2017

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

DETERS, HEINZ;
KÖRSCHGEN, JÖRG y
OBERLEITER, MARTIN

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 609 985 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

Mezclas de material moldeable que contienen sulfato de bario así como procedimiento para la fabricación de moldes de fundición / núcleos, procedimiento para la fundición de aluminio y molde o núcleo que por consiguiente pueden fabricarse

La invención se refiere a mezclas de material moldeable que contienen sulfato de bario en combinación con materiales base moldeables refractarios, a un sistema de aglutinante a base de vidrio soluble para la fabricación de moldes de fundición y núcleos para la industria de fundición con el objetivo de obtener piezas de fundición, en particular de aluminio, que presenten una superficie de fundición mejorada. La mejora se hace notable en particular mediante menos adhesiones de arena, penetraciones de arena y penetraciones/rugosidades.

Estado de la técnica

Los moldes de fundición están compuestos esencialmente de núcleos y moldes, que representan los moldes negativos de la pieza de fundición que va a fabricarse. Estos núcleos y moldes están compuestos a este respecto de un material refractario, por ejemplo arena de cuarzo, y un aglutinante adecuado, que confiere al molde de fundición tras la extracción del útil de moldeo una resistencia mecánica suficiente. Para la fabricación de moldes de fundición se usa por tanto un material base moldeable refractario, que está envuelto con un aglutinante adecuado. El material base moldeable refractario 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 resistencia y estabilidad frente a la temperatura, para poder 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 de la pieza de fundición mediante una capa de metal solidificada, que se forma a lo largo de las paredes del molde de fundición. 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 refractario se anula. En el caso ideal, el molde de fundición se descompone de nuevo para dar una arena fina que puede separarse fácilmente de la pieza de fundición.

En tiempos más recientes se requiere además cada vez con más frecuencia que durante la fabricación de los moldes de fundición así como durante la fabricación de la colada y del enfriamiento se produzcan las menos emisiones posibles en forma de CO_2 o hidrocarburos para proteger el medioambiente y limitar la molestia de olor del entorno por hidrocarburos (principalmente aromáticos). Para cumplir estos requerimientos más recientes, se han desarrollado o han evolucionado en los años pasados sistemas de aglutinante inorgánicos, cuyo uso conduce a que puedan evitarse emisiones de CO_2 e hidrocarburos en la fabricación de moldes metálicos o al menos puedan minimizarse claramente. Sin embargo, el uso de sistemas de aglutinante inorgánicos está unido con frecuencia a otros inconvenientes que se describen en particular en las siguientes realizaciones.

Los aglutinantes inorgánicos tienen en comparación con los aglutinantes orgánicos el inconveniente de que los moldes de fundición fabricados a partir de esto presentan resistencias relativamente bajas. Esto aparece de manera especialmente clara inmediatamente tras la extracción del molde de fundición del útil de moldeo. Sin embargo, buenas resistencias en este momento son especialmente importantes para la producción de piezas moldeadas complicadas y/o de pared delgada y su manipulación segura. También la estabilidad frente a la humedad del aire se reduce claramente en comparación con los aglutinantes orgánicos. El documento EP 1 802 409 B1 divulga que pueden realizarse resistencias inmediatas más altas y estabilidad frente a la humedad del aire más alta mediante el uso de un material base moldeable refractario, de un aglutinante a base de vidrio soluble así como adiciones de dióxido de silicio amorfo sintético. Mediante esta adición puede garantizarse una manipulación segura también de moldes de fundición más complicados.

El sistema de aglutinante inorgánico descrito en el documento EP 1802409 B1 puede conducir en comparación con aglutinantes orgánicos a fuertes adhesiones de arena en la pieza de fundición, lo que está unido a un gasto de limpieza considerable y por consiguiente a costes múltiples para los talleres de fundición. El documento WO 2008/046651 divulga en este contexto que pueden minimizarse claramente estas adhesiones de arena en la pieza de fundición cuando se añade un hidrato de carbono a la mezcla de material moldeable, que está constituida por un material base moldeable refractario, un aglutinante a base de vidrio soluble así como una aditivo de un óxido metálico en forma de partículas que se selecciona del grupo de dióxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de titanio y óxido de cinc.

Mediante la adición de un hidrato de carbono puede mejorarse por tanto la calidad de la superficie de la pieza de fundición. La adición de hidratos de carbono a la mezcla de material moldeable conduce durante la colada de metal sin embargo de nuevo a emisiones de CO_2 e hidrocarburos (aunque en forma claramente reducida en comparación

con sistemas de aglutinante puramente orgánicos).

Se sabe en la industria de fundición en general que el uso de determinados materiales refractarios como revestimiento de moldes de fundición puede mejorar considerablemente la calidad de la superficie de la respectiva pieza de fundición. Estos materiales refractarios pueden aplicarse, por ejemplo, en forma de suspensiones acuosas o alcohólicas, los denominados acabados, con ayuda de distintos procedimientos sobre el molde de fundición. A continuación se realiza un proceso de secado para separar el medio líquido. Como alternativa pueden aplicarse estos materiales refractarios también en forma seca. Los materiales refractarios usados se caracterizan por una baja interacción así como por una buena no-humectación con la masa fundida de metal. Además, estos materiales se encuentran muy finamente divididos para minimizar e impedir la estructura de monte y valle de la superficie del material base moldeable (por ejemplo arena de cuarzo) de modo que la masa fundida de metal penetre en estos valles de manera propiciada por buenas propiedades de humectación del material base moldeable (por ejemplo SiO_2), lo que conduciría a su vez a una mala calidad de la superficie de la respectiva pieza de fundición.

Con frecuencia se usan materiales que presentan una estructura de capas, tal como por ejemplo talco, nitruro de boro hexagonal (véase “Einsatz von Bornitrid-Schlichten im praktischen Betrieb der Druck- und Kokillengießerei”, Giesserei 80 n.º 8, 1993, página 256-259) o grafito. Se parte entonces de que los acabados se alinean de manera paralela a la superficie del molde de fundición y puede realizarse así una superficie lisa. Otros materiales inorgánicos finamente divididos pueden usarse igualmente como material de revestimiento, siempre que éstos no interaccionen o reaccionen con la masa fundida y/o presenten preferentemente una buena no-humectación con la masa fundida de metal (en particular masa fundida de aluminio).

Tales materiales son por ejemplo corindón (Al_2O_3) o silicato de zirconio ($ZrSiO_4$). El uso de revestimientos está unido sin embargo también a considerables inconvenientes. El esfuerzo de trabajo y el gasto de material es para los talleres de fundición claramente más alto, lo que conduce naturalmente a costes más altos.

También ha de mencionarse que el uso de acabados acuosos puede alterar la estabilidad de los moldes de fundición unidos con sistemas de aglutinante inorgánicos. Por estos motivos se esfuerza en general en minimizar el uso de los denominados acabados.

La acción poco humectante de $BaSO_4$ en comparación con masas fundidas de metal no ferroso (masas fundidas de metal NE), en particular masa fundidas de aluminio y/o aleaciones de aluminio, se conoce en principio en la bibliografía (véase el documento US 6008152, “The effects of fumed silica and barite on the aluminum resistance of alumina castables” (Journal of the Minerals, Metals and Materials Society (JOM), volumen 55, número 11, año 2003, página 66-69) y “Feuerfeste Zustellung für Aluminium” (Giesserei-Erfahrungsaustausch 9+10, año 2011, página 33-35)). Otro aditivo poco humectante es CaF_2. Sin embargo se usan los aditivos poco humectantes en estos casos como aditivo para la fabricación de canales y tubos así como de revestimientos de hornos de fundición de aluminio para aumentar la estabilidad frente a la corrosión del correspondiente material refractario. Mediante el uso de sulfato de bario como aditivos poco humectantes para el material refractario, que puede contener sílice y/o polvo de sílice, se mejora por tanto la estabilidad química del material refractario frente a las masas fundidas de aluminio para permitir así una aplicabilidad que a ser posible perdure mucho tiempo de los moldes fabricados con esto. Las referencias anteriores tienen en común respectivamente que no se usa vidrio soluble.

Los canales y tubos o revestimientos de hornos de fundición de aluminio se caracterizan por una aplicabilidad que perdura mucho tiempo, mientras que los núcleos o moldes de fundición tras un solo uso deben descomponerse a ser posible sin residuos. Además, los moldes de fundición usados habitualmente presentan una porosidad mucho más alta que los materiales refractarios sinterizados, que se usan como canales y tubos en hornos de fundición de aluminio para el transporte de masas fundidas de aluminio. Por consiguiente se obtiene como resultado para moldes de fundición un perfil de requerimientos muy distinto que para revestimientos de hornos de fundición de aluminio.

Problemas del estado de la técnica y objetivo

Los sistemas de aglutinante inorgánicos conocidos hasta ahora para fines de fundición presentan aún espacio para mejoras. Sobre todo es deseable desarrollar un sistema de aglutinante completamente inorgánico, que (a) no pueda producir emisiones de CO_2 y productos de pirólisis orgánicos durante la colada de metal, (b) consiga un correspondiente nivel de resistencia que sea necesario en el proceso de fabricación automatizado (en particular resistencias en caliente y resistencias tras almacenamiento), y (c) permita una superficie de fundición de la pieza de fundición, que presente claramente menos adhesiones de arena, menos penetraciones de arena, menos penetraciones así como decoloraciones y minimizar así el gasto de limpieza para las piezas de fundición, sin usar revestimientos o acabado. 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.

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 refractario así como un sistema de aglutinante a base de vidrio soluble, 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, tal como se hace notable ésta por ejemplo mediante bajas adhesiones de arena, bajas penetraciones de arena, bajas penetraciones así como decoloraciones.

Este objetivo se soluciona con una mezcla de material moldeable con las características de las reivindicaciones independientes. Son objeto de las reivindicaciones dependientes o se describen a continuación perfeccionamientos ventajosos de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención.

Sumario de la invención

Sorprendentemente se encontró que mediante la adición de sulfato de bario 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 o incluso ninguno. Esta ventaja está unida a claros costes más bajos para la fabricación de la pieza de fundición.

Según una forma de realización de la invención, la mezcla de material moldeable no contiene esencialmente aditivos orgánicos, es decir contiene hasta como máximo el 0,2 % en peso, o incluso no contiene aditivos orgánicos, de modo que dado el caso se observa un desarrollo de humo muy bajo o ninguno, de modo que la carga en el sitio de trabajo para los trabajadores allí ocupados así como la gente que vive en el entorno por emisiones nocivas para la salud se impiden. También representa el uso de la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención una contribución a la reducción de emisiones perjudiciales para el clima (mediante CO_2 y otros productos orgánicos de la pirólisis).

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:

- un material base moldeable refractario; así como
- un aglutinante a base de vidrio soluble y
- sulfato de bario y
- óxido metálico en forma de partículas seleccionados del grupo de SiO_2 amorfo, óxidos de aluminio y aluminosilicatos y sus mezclas.

Descripción detallada de la invención

Como material base moldeable refractario pueden usarse materiales habituales para la fabricación de moldes de fundición. Son adecuados por ejemplo arena de cuarzo, de zirconio o arena de mena de cromo, olivina, vermiculita, bauxita y chamota, en particular más del 50 % en peso de arena de cuarzo con respecto al material base moldeable refractario. A este respecto no es necesario usar exclusivamente arenas nuevas. En el sentido de un cuidado de los recursos y para evitar costes de basurero es ventajoso incluso usar una proporción lo más alta posible de arena vieja regenerada.

El material base moldeable refractario constituye preferentemente más del 80 % en peso, en particular más del 90 % en peso de la mezcla de material moldeable.

Una arena adecuada se describe por ejemplo en el documento WO 2008/101668 (= US 2010/173767 A1). Igualmente son adecuados materiales regenerados que se obtienen mediante lavado y posterior secado. Pueden usarse, pero se prefieren menos los materiales regenerados obtenidos mediante un tratamiento mecánico. Por regla general pueden sustituir los materiales regenerados al menos aproximadamente el 70 % en peso de la arena nueva, preferentemente al menos aproximadamente el 80 % en peso y de manera especialmente preferente al menos aproximadamente el 90 % en peso.

Además pueden usarse como materiales base moldeables refractarios también materiales moldeables sintéticos, tales como por ejemplo perlas de vidrio, granulado de vidrio, los materiales base moldeables cerámicos en forma de esfera conocidos con la denominación “Cerabeads” o “Carboaccucast” o microesferas de silicato de aluminio (las denominadas microesferas). Tales microesferas de silicato de aluminio se sacan al mercado por ejemplo por Omega Minerals Germany GmbH, Norderstedt, en distintas calidades con distintos contenidos en óxido de aluminio con la denominación “Omega-Spheres”. Los correspondientes productos pueden obtenerse por PQ Corporation (EE.UU.) con la denominación “Extendospheres”.

El diámetro promedio de los materiales base moldeables refractarios se encuentra por regla general entre 100 μm y 600 μm, preferentemente entre 120 μm y 550 μm y de manera especialmente preferente entre 150 μm y 500 μm. El tamaño de partícula puede determinarse por ejemplo mediante cribado según la norma DIN ISO 3310. Se prefieren especialmente formas de partícula con máxima extensión longitudinal con respecto a mínima extensión longitudinal

(de manera ortogonal una con respecto a otra y en cada caso para todas las direcciones espaciales) de 1:1 a 1:5 o de 1:1 a 1:3, es decir aquellas que por ejemplo no sean en forma de fibra.

En ensayos de fundición, en particular con aluminio, se encontró que los materiales base moldeables sintéticos, sobre todo perlas de vidrio, granulado de vidrio o microesferas, pueden contribuir a la generación de superficies de fundición más lisas. A este respecto no es necesario formar todo el material base moldeable del material base moldeable sintético.

La proporción 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 refractario. El material base moldeable refractario presenta preferentemente un estado que puede fluir, en particular para poder procesar la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención en moldeadoras neumáticas de machos habituales.

Los vidrios solubles contienen silicatos alcalinos disueltos y pueden prepararse mediante disolución de silicatos de litio, sodio y potasio vítreos en agua. El vidrio soluble presenta preferentemente un módulo molar SiO_2/M_2O en el intervalo de 1,6 a 4,0, en particular de 2,0 hasta menos de 3,5, en el que M representa litio, sodio o potasio.

Los aglutinantes pueden basarse también en vidrios solubles que contienen más de uno de los iones alcalinos mencionados, tal como por ejemplo los vidrios solubles modificados con litio conocidos por el documento DE 2652421 A1 (= GB1532847 A). La cantidad de M_2O resulta de la suma de todos los iones alcalinos en el vidrio soluble. Además pueden contener los vidrios solubles también iones polivalentes, tales como por ejemplo los vidrios solubles modificados con Al descritos en el documento EP 2305603 A1 (= WO 2011/042132 A1).

Los vidrios solubles presentan preferentemente una proporción de sólidos en el intervalo del 25 % al 65 % en peso, preferentemente del 30 % al 60 % en peso. La proporción de sólidos es la proporción de los compuestos de Si y M en el vidrio soluble, calculada como SiO_2 y M_2O. Dependiendo de la aplicación y del nivel de resistencia deseado se usa entre el 0,5 % en peso y el 5 % en peso del aglutinante a base de vidrio soluble, preferentemente entre el 0,75 % en peso y el 4 % en peso, de manera especialmente preferente entre el 1 % en peso y el 3,5 % en peso, en cada caso con respecto al material base moldeable. Las indicaciones se refieren a la cantidad total del aglutinante de vidrio soluble, incluyendo el disolvente o diluyente (en particular acuoso) y la (eventual) proporción de sólidos (=100 %).

La mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención contiene sulfato de bario. El sulfato de bario puede ser sulfato de bario preparado de manera sintética como también natural, es decir puede añadirse en forma de minerales que contienen sulfato de bario, tal como barita. El sulfato de bario preparado de manera sintética (también denominado Blanc Fixe) se prepara por ejemplo con ayuda de una reacción de precipitación. Para este fin se disuelven en agua compuestos de bario (sales de bario) en la mayoría de los casos fácilmente solubles. A continuación mediante adición de sales de sulfato fácilmente solubles (tales como por ejemplo sulfato de sodio) o también ácido sulfúrico se hace precipitar el sulfato de bario difícilmente soluble. El sulfato de bario precipitado se separa por filtración, se seca y eventualmente se muele.

El sulfato de bario natural se obtiene como mineral bruto y a continuación se procesa mediante distintos procedimientos (por ejemplo clasificación de densidad, molienda etc.). Preferentemente tiene el sulfato de bario una pureza de más del 85 % en peso, de manera especialmente preferente de más del 90 % en peso. El sulfato de bario obtenido naturalmente puede contener por ejemplo impurezas de dióxido de silicio y fluoruro de calcio. Otros ensayos han mostrado que impurezas con fluoruros metálicos, en particular fluoruro de calcio, pueden conducir a decoloraciones de la superficie de fundición y a porosidades. El contenido en impurezas que contienen fluoruro, en particular fluoruro de calcio (CaF_2) así como también otros fluoruros metálicos, debía ser según esto lo más pequeño posible para no alterar la calidad de fundición y la superficie de fundición. Ventajosamente, el contenido total en fluoruros de metal (incluyendo CaF_2) es inferior al 6 % en peso, preferentemente inferior al 3 % en peso, de manera especialmente preferente inferior al 1 % en peso, en cada caso con respecto a toda la cantidad del sulfato de bario usado, obtenido naturalmente. De manera muy especialmente preferente, el sulfato de bario de acuerdo con la invención no contiene impurezas de fluoruros metálicos (incluyendo fluoruro de calcio).

Preferentemente, la composición de material moldeable reivindicada está libre de fluoruro metálico, significando esto que la mezcla de material moldeable contenga menos del 0,1 % en peso, preferentemente menos del 0,05 % en peso, en particular preferentemente menos del 0,01 % en peso de fluoruro metálico.

El tamaño de partícula promedio del sulfato de bario que va a usarse de acuerdo con la invención se encuentra preferentemente entre 0,1 μm y 90 μm. La distribución de tamaño de partícula puede determinarse por ejemplo con ayuda de dispersión de luz dinámica (por ejemplo Horiba LA 950). Preferentemente, el residuo de tamizado en un tamiz con el ancho de malla de 45 μm asciende a menos del 20 % en peso, de manera especialmente preferente a menos del 10 % en peso, en particular preferentemente a menos del 5 % en peso.

El sulfato de bario se añade preferentemente en una cantidad del 0,02 % al 5,0 % en peso, de manera especialmente preferente del 0,05 % al 3,0 % en peso, en particular preferentemente del 0,1 % al 2,0 % en peso o del 0,3 % al 0,99 % en peso, en cada caso con respecto a la mezcla de material moldeable total. Sorprendentemente (también en cuanto a la alta densidad del sulfato de bario y el bajo volumen asociado a ello por masa) incluso bajas adiciones de cantidad (o sea bajos volúmenes) a la mezcla de material moldeable provocan un claro aumento de la calidad de la superficie de la respectiva pieza de fundición. La influencia positiva de $BaSO_4$ sobre la calidad de la superficie de fundición es sorprendente para el experto; dado que el $BaSO_4$ es eficaz también en gran dilución mediante el material refractario, lo que no se aplica para otros materiales conocidos que no se humedecen por las masas fundidas de metal NE. Como ejemplo se menciona grafito: debido a su baja humectabilidad mediante aluminio fundido es adecuado este material de manera excelente para la fabricación de tubos de desgasificación para masas fundidas de metal NE (descripción del producto de SGLCarbon GmbH, Drachenburgstr. 1, 53170 Bonn/Alemania).

También como materia prima para revestimientos de acabado de núcleos y moldes produce grafito ya superficies de fundición más lisas en espesor de capa muy delgado. Sin embargo como aditivo de arena no es eficaz a diferencia de $BaSO_4$. No es conveniente añadir cantidades más grandes, probablemente eficaces de grafito, dado que por lo demás las resistencias de las formas y núcleos disminuyen mucho de modo que éstos ya no pueden usarse para el fundición.

También otros materiales conocidos por su baja humectabilidad mediante aluminio fundido, tales como Al_2O_3, $ZrSiO_4$ o talco, no muestran como aditivo ninguna acción positiva sobre la superficie de fundición. Un aditivo conocido adicionalmente con baja humectabilidad es nitruro de boro hexagonal. Se observó que la adición de nitruro de boro hexagonal si bien conduce a superficies mejoradas, sin embargo conduce también a resistencias claramente reducidas (por tanto no se prefiere el uso de nitruro de boro). El CaF_2 es otro aditivo con baja humectabilidad con masas fundidas de metal NE, en particular masas fundidas de aluminio. Con el uso de fluoruros como aditivo para la mezcla de material moldeable, en particular CaF_2, si bien se muestran superficies de la correspondiente pieza de fundición lisas, proporcionalmente libres de adhesiones de arena, sin embargo resultan mediante este uso, en particular en caso del fluoruro de calcio, decoloraciones de la superficie de fundición, en particular cuando la pieza de fundición está compuesta de aluminio y/o aleaciones de aluminio. Estas decoloraciones son sin embargo indeseadas y pueden suponer una reacción del metal con el material que contiene fluoruro (por tanto tampoco se prefiere el uso de CaF_2).

En resumen pudo observarse en consecuencia que solo la adición de sulfato de bario a la mezcla de material moldeable produce tanto una mejora esencial de la calidad de la superficie de la pieza de fundición (por ejemplo en cuanto a adhesiones de arena, penetraciones de arena, penetraciones más bajas y también decoloraciones) como también garantiza el nivel de resistencia necesario para la fabricación en serie automatizada, en particular una resistencia en caliente adecuada. Estos efectos fueron muy sorprendentes para el experto. El mecanismo de acción completo del sulfato de bario no está aclarado.

De acuerdo con otra forma de realización pueden añadirse a la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención también otras sustancias que caracterizan por una baja humectación con aluminio fundido, tal como por ejemplo nitruro de boro.

Una mezcla de este tipo de sustancias poco humectantes, que contiene entre otros, sulfato de bario como agente poco humectante, puede conducir igualmente a una superficie de fundición lisa, libre de adhesiones de arena. Con respecto a la cantidad total de sustancias no/poco humectantes debía ser la proporción del sulfato de bario superior al 5 % en peso, preferentemente superior al 10 % en peso, en particular preferentemente superior al 20 % en peso o superior al 60 % en peso. El límite superior representa sulfato de bario puro (la proporción del sulfato de bario en agentes no humectantes es en este caso el 100 % en peso). La mezcla de sustancias no/poco humectantes se añade preferentemente en una cantidad del 0,02 % al 5,0 % en peso, de manera especialmente preferente del 0,05 % al 3,0 % en peso, en particular preferentemente del 0,1 % al 2,0 % en peso o del 0,3 % al 0,99 % en peso, en cada caso con respecto a la mezcla de material moldeable.

A la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención se añade una proporción de un óxido metálico en forma de partículas para elevar el nivel de resistencia de los moldes de fundición fabricados con tales mezclas de material moldeable. Un aumento de las resistencias de los moldes de fundición, en particular el aumento de las resistencias en caliente, puede ser ventajoso en el proceso de acabado automatizado. El óxido metálico en forma de partículas se selecciona del grupo de dióxido de silicio amorfo, óxidos de aluminio, aluminosilicatos y sus mezclas. El tamaño de partícula de estos óxidos metálicos asciende preferentemente a menos de 300 μm, preferentemente a menos de 200 μm, en particular preferentemente a menos de 100 μm y presenta por ejemplo un tamaño de partícula primaria promedio entre 0,05 μm y 10 μm.

El tamaño de partícula puede determinarse mediante análisis de cribado. De manera especialmente preferente asciende el residuo de tamizado 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 como óxido metálico en forma de partículas dióxido de silicio, prefiriéndose especialmente en este caso dióxido de silicio amorfo preparado

de manera sintética.

El SiO_2 amorfo usado según la presente invención tiene un contenido en agua inferior al 15 % en peso, en particular inferior al 5 % en peso y de manera especialmente preferente inferior al 1 % en peso. En particular se usa el SiO_2 amorfo como polvo.

Como SiO_2 amorfo pueden usarse tanto ácidos silícicos preparados sintéticamente como también ácidos silícicos que se producen naturalmente. Estos últimos, conocidos por ejemplo por el documento DE 102007045649, no se prefieren sin embargo, dado que contienen por regla general proporciones cristalinas no insignificantes y por tanto se han clasificado como carcinogénicos.

Por *sintético* se entiende SiO_2 amorfo que no se produce naturalmente, es decir cuya preparación comprende una reacción química, por ejemplo la preparación de soles de sílice mediante procesos de intercambio iónico a partir de soluciones de silicato alcalino, la precipitación de soluciones de silicato alcalino, la hidrólisis a la llama de tetracloruro de silicio o la reducción de arena de cuarzo con coque en un horno de arco eléctrico en la preparación de ferrosilicio y silicio. El SiO_2 amorfo preparado según los dos procedimientos mencionados en último lugar se designa también como SiO_2 pirogénico.

En ocasiones se entiende por SiO_2 amorfo sintético solo ácido silícico de precipitación (n.º CAS 112926-00-8) y SiO_2 preparado mediante hidrólisis a la llama (*pyrogenic silica*, *fumed Silica*, n.º CAS 112945-52-5), mientras que el producto producido en la preparación de ferrosilicio o silicio se designa únicamente como SiO_2 amorfo (*silica fume*, *microsilica*, n.º CAS 69012-64-12). Para los fines de la presente invención se entiende también el producto producido en la preparación de ferrosilicio o silicio como SiO_2 amorfo sintético.

Preferentemente se usan ácidos silícicos de precipitación y SiO_2 pirogénico, es decir preparado mediante hidrólisis a la llama o en un arco eléctrico. El tamaño de partícula primaria promedio del dióxido de silicio amorfo sintético puede ascender a entre 0,05 μm y 10 μm, en particular a entre 0,1 μm y 5 μm, de manera especialmente preferente entre 0,1 μm y 2 μm. El tamaño de partícula primaria puede determinarse por ejemplo con ayuda de dispersión de luz dinámica (por ejemplo Horiba LA 950) y puede comprobarse mediante registros de microscopio electrónico de barrido (registros REM con por ejemplo Nova NanoSEM 230 de la empresa FEI). Además, con ayuda de los registros REM pudieron hacerse visibles detalles de la forma de partícula primaria hasta en el orden de magnitud de 0,01 μm. Las muestras de SiO_2 se dispersaron para las mediciones REM en agua destilada y a continuación se aplicaron sobre un soporte de aluminio pegado con banda de cobre, antes de que se hubiera evaporado el agua.

Además se determinó la superficie específica del dióxido de silicio amorfo sintético con ayuda de mediciones de adsorción de gas (procedimiento BET) según la norma DIN 66131. La superficie específica del SiO_2 amorfo sintético se encuentra entre 1 y 200 m^2/g, en particular entre 1 y 50 m^2/g, de manera especialmente preferente entre 1 y 30 m^2/g. Eventualmente pueden mezclarse también los productos, por ejemplo para obtener de manera dirigida mezclas con determinadas distribuciones de tamaño de partícula.

Mediante aglomeración, los mencionados tipos de SiO_2 amorfos forman agregados ligeramente más grandes. Para una distribución uniforme del SiO_2 amorfo en la mezcla de material moldeable es ventajoso eventualmente cuando los agregados se parten durante el mezclado parcialmente de nuevo en unidades más pequeñas o no superan desde el principio un determinado tamaño. Preferentemente asciende el residuo (para describir la dimensión de la aglomeración) en un paso por un tamiz con 45 μm de ancho de malla (325 mesh) a no más de aproximadamente el 10 % en peso, de manera especialmente preferente a no más de aproximadamente el 5% en peso y de manera muy especialmente preferente a no más de aproximadamente el 2 % en peso.

Dependiendo del tipo de producción y del productor puede variar mucho la pureza del SiO_2 amorfo. Han resultado adecuados tipos con un contenido de al menos el 85 % en peso de SiO_2, preferentemente de al menos el 90 % en peso y de manera especialmente preferente de al menos el 95 % en peso. Dependiendo de la aplicación y del nivel de resistencia deseado se usan entre el 0,1 % en peso y el 2 % en peso del SiO_2 amorfo en forma de partícula, preferentemente entre el 0,1 % en peso y el 1,8 % en peso, de manera especialmente preferente entre el 0,1 % en peso y el 1,5 % en peso, en cada caso con respecto al material base moldeable.

La proporción de aglutinante de vidrio soluble con respecto a óxido metálico en forma de partículas y en particular SiO_2 amorfo puede variar dentro de límites más amplios. Esto ofrece la ventaja de mejorar mucho las resistencias iniciales de los núcleos, es decir la resistencia inmediatamente tras la extracción del útil de moldeo, sin influir esencialmente en las resistencias finales. Esto es de gran interés sobre todo en la colada de metales ligeros. Por un lado se desean altas resistencias iniciales para poder transportar sin problemas los núcleos tras su fabricación o para poder ensamblarlos en paquetes de núcleos completos, por otro lado debían ser las resistencias finales no demasiado altas para evitar dificultades durante la descomposición del núcleo tras la colada, es decir el material base moldeable debía poder separarse tras la colada sin problemas de las cavidades del molde de fundición.

Con respecto al peso del aglutinante (incluyendo diluyentes o disolventes) está contenido el SiO_2 amorfo preferentemente en una proporción del 2 % al 60 % en peso, de manera especialmente preferente del 3 % al 55 %

en peso y en particular preferentemente entre el 4 % al 50 % en peso, o de manera especialmente preferente con respecto a la relación de proporción de sólidos del vidrio soluble con respecto a SiO_2 amorfo de 10 : 1 a 1 : 1,2 (partes en peso).

La adición del SiO_2 amorfo puede realizarse de acuerdo con el documento EP 1802409 B1 tanto antes como también tras la adición de aglutinante directamente al material refractario, sin embargo puede prepararse también, tal como se describe en el documento EP 1884300 A1 (= US 2008/029240 A1), en primer lugar una mezcla previa del SiO_2 con al menos una parte del aglutinante o solución de hidróxido de sodio y ésta puede añadirse mediante mezclado entonces al material refractario. El aglutinante o la proporción de aglutinante eventualmente aún existente, no usado para la mezcla previa puede añadirse al material refractario antes o tras la adición de la mezcla previa o junto con ésta. Preferentemente se ha añadido el SiO_2 amorfo al material refractario antes de la adición de aglutinante. El dióxido de silicio amorfo sintético está contenido, con respecto al peso total del aglutinante, preferentemente en una proporción del 1 % al 80 % en peso, preferentemente entre el 2 % y el 60 % en peso, en particular preferentemente entre el 3 % y el 50 % en peso.

En otra forma de realización puede comprender la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención un compuesto que contiene fósforo. Esta adición se prefiere en secciones de pared muy delgada de un molde de fundición. A este respecto se trata preferentemente de compuestos de fósforo inorgánicos, en los que el fósforo se encuentra preferentemente en el estado de oxidación +5. Mediante la adición de compuestos que contienen fósforo puede aumentarse más la estabilidad del molde de fundición. Esto es importante en particular cuando durante la colada del metal el metal líquido choca contra una superficie inclinada y allí debido a la alta presión metaloestática ejerce una acción de erosión alta o puede conducir a deformaciones en particular de secciones de pared delgada del molde de fundición.

El compuesto que contiene fósforo se encuentra preferentemente en forma de un fosfato u óxido de fósforo. El fosfato puede encontrarse a este respecto como fosfato de metal alcalino o como fosfato de metal alcalinotérreo, prefiriéndose especialmente los fosfatos de metal alcalino y en este caso en particular las sales de sodio.

En principio pueden usarse también fosfatos de amonio o fosfatos de otros iones metálicos. Sin embargo, los fosfatos de metal alcalino o alcalinotérreo mencionados como preferentes son fácilmente accesibles y están disponibles de manera económica en cantidades en sí discrecionales. No se prefieren fosfatos de iones metálicos 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. Si el compuesto que contiene fósforo se añade 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. Sin embargo pueden usarse también trióxido de fósforo y tetróxido de fósforo.

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 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 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 entre sí los átomos de fósforo en cada caso a través de puentes de oxígeno. Los polifosfatos se obtienen mediante condensación de iones ortofosfato con escisión 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 $(O(PO_3)_n)^{(n+2)-}$, 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 entre sí en cada caso en triángulos. Los metafosfatos presentan la fórmula general $((PO_3)_n)^{n-}$, 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 proporción preferente del compuesto que contiene fósforo, con respecto al material base moldeable refractario, asciende a entre el 0,05 % y el 1,0 % en peso. Con una proporción inferior al 0,05 % en peso no puede detectarse ninguna influencia clara sobre la estabilidad dimensional del molde de fundición. Si la proporción del fosfato sobrepasa el 1,0 % en peso, disminuye mucho la resistencia en caliente del molde de fundición. Preferentemente se

selecciona la proporción del compuesto que contiene fósforo entre el 0,1 % y el 0,5 % en peso. El compuesto que contiene fósforo, inorgánico contiene preferentemente entre el 40 % y el 90 % en peso, en particular preferentemente entre el 50 % y el 80 % 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. En la fundición de hierro actúan temperaturas más altas de más de 1200 ºC 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 otra forma de realización puede añadirse a la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención un compuesto orgánico (de acuerdo con el documento EP 1 802 409 B1 y WO 2008/046651). Una adición baja de compuestos orgánicos puede ser ventajosa para aplicaciones especiales (por ejemplo para mejorar adicionalmente el comportamiento de separación del núcleo). Sin embargo no es preferente una adición de este tipo, dado que esto está unido a su vez a emisiones de CO_2 y otros productos de pirólisis.

Los aglutinantes que contienen agua presentan en comparación con aglutinantes a base de disolventes orgánicos en general una peor capacidad de flujo. Esto significa que útiles de moldeo con pasos estrechos y varias desviaciones pueden llenarse peor. Como consecuencia de esto los núcleos pueden tener 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 proporción de un agente lubricante en forma de escamas, en particular grafito o MoS_2. 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 añadido, en particular grafito, asciende preferentemente a del 0,05 % al 1 % en peso, de manera especialmente preferente a del 0,05 % al 0,5 % en peso, con respecto al material base moldeable.

En lugar de los agentes lubricantes en forma de escamas pueden usarse también sustancias de superficie activa, en particular tensioactivos, que mejoran la capacidad de flujo de la mezcla de material moldeable. Se describen representantes adecuados de estos compuestos, por ejemplo, en el documento WO 2009/056320 (= US 2010/0326620 A1). Se mencionan en este caso en particular tensioactivos con grupos ácido sulfúrico o ácido sulfónico. Por una sustancia de superficie activa se entiende una sustancia que puede formar sobre una superficie acuosa una capa monomolecular, o sea por ejemplo puede formar una membrana. Además se reduce mediante una sustancia de superficie activa la tensión superficial de agua. Las sustancias de superficie activa adecuadas son por ejemplo aceites de silicona.

De manera especialmente preferente, la sustancia de superficie activa es un tensioactivo. Los tensioactivos comprenden una parte hidrófila y una parte hidrófoba, que están compensadas en sus propiedades de modo que los tensioactivos pueden formar en una fase acuosa por ejemplo micelas o pueden acumularse en la superficie límite.

Pueden usarse en sí todas las clases de tensioactivos en la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención. Son adecuados además de tensioactivos aniónicos también tensioactivos no iónicos, tensioactivos catiónicos así como tensioactivos anfóteros.

Los tensioactivos no iónicos a modo de ejemplo son por ejemplo alcoholes, aminas o ácidos de cadena larga etoxilados o propoxilados, tales como etoxilatos de alcohol graso, etoxilatos de alquilfenol, etoxilatos de amina grasa, etoxilatos de ácido graso, los correspondientes propoxilatos o también tensioactivos de azúcar, tales como por ejemplo poliglicósidos a base de alcohol graso. Los alcoholes grasos comprenden preferentemente de 8 a 20 átomos de carbono. Los tensioactivos catiónicos adecuados son compuestos de alquilamonio y compuestos de imidazolinio.

Preferentemente se usan tensioactivos aniónicos para la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención. El tensioactivo aniónico comprende como grupo hidrófilo, polar preferentemente un grupo sulfato, sulfonato, fosfato o carboxilato, prefiriéndose especialmente grupos sulfato y fosfato. Si se usan tensioactivos aniónicos que contienen grupos sulfato, entonces se usan preferentemente los monoésteres del ácido sulfúrico. Si se usan grupos fosfato como grupo polar del tensioactivo aniónico, entonces se prefieren especialmente los mono- y diésteres del ácido ortofosfórico.

Los tensioactivos usados en la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención tienen en común que el fragmento hidrófobo no polar se forma preferentemente de grupos alquilo, arilo y/o aralquilo, que comprenden

preferentemente más de 6 átomos de carbono, de manera especialmente preferente de 8 a 20 átomos de carbono. El fragmento hidrófobo puede presentar tanto cadenas lineales como también estructuras ramificadas. Igualmente pueden usarse mezclas de distintos tensioactivos.

Los tensioactivos aniónicos especialmente preferentes se seleccionan del grupo de sulfato de oleílo, sulfato de estearilo, sulfato de palmitilo, sulfato de miristilo, sulfato de laurilo, sulfato de decilo, sulfato de octilo, sulfato de 2-etilhexilo, sulfato de 2-etiloctilo, sulfato de 2-etildecilo, sulfato de palmitoleílo, sulfato de linolilo, sulfonato de laurilo, sulfonato de 2-etildecilo, sulfonato de palmitilo, sulfonato de estearilo, sulfonato de 2-etilestearilo, sulfonato de linolilo, fosfato de hexilo, fosfato de 2-etilhexilo, fosfato de caprilo, fosfato de laurilo, fosfato de miristilo, fosfato de palmitilo, fosfato de palmitoleílo, fosfato de oleílo, fosfato de estearilo, hidroxifosfato de poli-(1,2-etanodiil-)-fenol, fosfato de poli-(1,2-etanodiil-)-estearilo, así como fosfato de poli-(1,2-etanodiil-)-oleílo.

En la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención está contenida la sustancia de superficie activa con respecto al peso del material base moldeable refractario preferentemente en una proporción del 0,001 % al 1 % en peso, de manera especialmente preferente del 0,01 % al 0,2 % en peso. Con frecuencia se presentan sustancias de superficie activa de este tipo comercialmente como solución a del 20 % al 80 %. En este caso se prefieren en particular las soluciones acuosas de las sustancias de superficie activa.

En principio puede añadirse la sustancia de superficie activa tanto en forma disuelta, por ejemplo en el aglutinante, como componente separado o sin embargo a través de un componente sólido, que actúa como material de soporte, por ejemplo en un aditivo, a la mezcla de material moldeable. De manera especialmente preferente, la sustancia de superficie activa está disuelta en el aglutinante.

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, para aumentar la estabilidad de los moldes y núcleos frente a humedad del aire alta y/o frente a revestimientos del material moldeable a base de agua. De acuerdo con otra forma de realización preferente contiene la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención una proporción al menos de un silano. Los silanos adecuados son por ejemplo aminosilanos, epoxisilanos, mercaptosilanos, hidroxisilanos y ureidosilanos. Ejemplos de silanos adecuados son aminopropiltrimetoxisilano, hidroxipropiltrimetoxisilano, 3-ureidopropiltrietoxisilano, mercaptopropiltrimetoxisilano, glicidoxipropiltrimetoxisilano, (3,4-epoxiciclohexil)trimetoxisilano y N-(aminoetil)-aminopropiltrimetoxisilano. Con respecto al aglutinante se usan normalmente del 0,1 % al 2 % en peso de silano, preferentemente del 0,1 % al 1 % en peso. Otros aditivos adecuados son siliconatos de metal alcalino, por ejemplo metilsiliconato de potasio, de los cuales pueden usarse del 0,5 % al 15 % en peso, preferentemente del 1 % al 10 % en peso y de manera especialmente preferente del 1 % al 5 % en peso con respecto al aglutinante. Si la mezcla de material moldeable contiene silanos y/o metilsiliconatos alcalinos, entonces se realiza su adición habitualmente de manera que se incorporen éstos previamente en el aglutinante. Éstos pueden añadirse al material moldeable sin embargo también como componente separado.

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

A pesar de las altas resistencias que pueden conseguirse con el sistema de aglutinante de acuerdo con la invención, los moldes de fundición fabricados con la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención 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 como por ejemplo metales no ferrosos o metales de hierro. De manera especialmente preferente es adecuada la mezcla de material moldeable de acuerdo con la invención sin embargo para la fundición de aluminio.

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 con la retirada de agua mediante curado en caliente con calentamiento, 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 refractario y después se añade con agitación el aglutinante. A este respecto puede añadirse el vidrio soluble así como el sulfato de bario en forma de polvo en sí en cualquier orden.

Los aditivos descritos anteriormente pueden añadirse en sí en cualquier forma a la mezcla de material moldeable. Éstos pueden dosificarse de manera individual o también como mezcla. 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 eventualmente un tensioactivo (véase anteriormente) y un segundo componente sólido comprende el sulfato de bario en forma de polvo y eventualmente el óxido metálico en forma de partículas, en particular el dióxido de silicio amorfo sintético y eventualmente un fosfato y eventualmente un agente lubricante preferentemente en forma de escamas y eventualmente un compuesto orgánico.

En la preparación de la mezcla de material moldeable se dispone el material base moldeable refractario en una mezcladora y entonces preferentemente en primer lugar se añade(n) el(los) componente(s) sólidos(s) del aglutinante y se mezcla con el material base moldeable refractario. La duración del mezclado se selecciona de modo que se realice un mezclado profundo del material base moldeable refractario 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 refractario 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 estos 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 sólidos, 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 refractario 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 refractario 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, pudiéndose recurrir a todos los procedimientos que se conocen en caso de aglutinantes a base de vidrio soluble, por ejemplo curado en caliente, gasificación con CO_2 o aire o una combinación de ambos así como curado mediante catalizadores líquidos o sólidos.

Con el curado en caliente se extrae agua de la mezcla de material moldeable. Mediante esto se inician probablemente también reacciones de condensación entre grupos silanol, de modo que comienza una reticulación del vidrio soluble.

El calentamiento 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 ºC a 180 ºC, en particular preferentemente de 120 ºC a 150 ºC. 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.

Los procedimientos de acuerdo con la invención son adecuados en sí para la fabricación de todos los moldes de fundición habituales para la fundición de 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.

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. 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 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 de metal, en particular fundición de metales ligeros. Se obtienen resultados especialmente ventajosos en caso de fundición de aluminio.

A continuación se explica en más detalle la invención por medio de ejemplos, sin limitarse a éstos.

Ejemplos

1) Influencia de distintas mezclas de material moldeable sobre las resistencias a la flexión

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. Las composiciones de las mezclas de material moldeable se indican 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 SiO_2 : M_2O, en el que M indica la suma de sodio y potasio. Después de haber agitado la mezcla durante un minuto, se añadieron eventualmente el SiO_2 amorfo y/o sulfato de bario 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 180 ºC;
- 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, 100 ºC 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. 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)

Los índices en la tabla 1 tienen en cada caso el siguiente significado:

a) vidrio soluble alcalino con un módulo en peso SiO_2:M_2O de aproximadamente 2.1: con respecto al vidrio soluble total. Contenido en sólidos de aproximadamente el 35 %
b) microsílice blanca GHL DL971W (SiO_2 amorfo, empresa RW silicium GmbH; producción en la generación metalúrgica de silicio en el horno de arco eléctrico)
c) harina de barita C11 (sulfato de bario natural, empresa Sachtleben Bergbau GmbH & Co KG)
d) sulfato de bario (precipitado, empresa Sigma Aldrich)
e) Boronid SCP1 (nitruro de boro, empresa ESK Ceramics GmbH & Co. KG)
f) Boronid S6 (nitruro de boro hexagonal, empresa ESK Ceramics GmbH & Co. KG)
g) Boronid S12 (nitruro de boro hexagonal, empresa ESK Ceramics GmbH & Co. KG)
h) corindón (corindón, empresa Treibacher Schleifmittel)
i) talco H100 (empresa Franz Mandt GmbH & Co. KG) k) polvo de grafito brillante 85 (empresa Technografit GmbH)
l) silicato de zirconio (empresa Cofermin Rohstoffe GmbH & Co. KG)

Las resistencias a la flexión medidas están resumidas en la tabla 2.

Los ejemplos 1.01 a 1.10 aclaran que el nivel de resistencia necesario para la fabricación en serie automatizada puede conseguirse cuando se ha añadido a la mezcla de material moldeable un dióxido de silicio amorfo sintético. La adición de distintas cantidades de sulfato de bario solo conduce al aumento necesario de las resistencias, en particular de las resistencias en caliente. Mediante la combinación de dióxido de silicio amorfo sintético con sulfato de bario (ejemplos 1.7 a 1.10) pueden conseguirse, por el contrario, niveles de resistencia que pueden compararse con aquellas mezclas de material moldeable a las que se añadió solo dióxido de silicio amorfo sintético (ejemplo 1.02). Además se vuelve evidente que es ventajoso cuando la adición de sulfato de bario no es demasiado alta, dado que las resistencias, en particular las resistencias en caliente, disminuyen con cantidades de adición elevadas.

Una comparación de los ejemplos 1.07 con 1.11 muestra que no se hace ninguna diferencia si se usa sulfato de bario natural o sintético. Los ejemplos 1.07, 1.11 a 1.18 demuestran que pueden realizarse buenos niveles de resistencia (en particular resistencias inmediatas) con las adiciones $BaSO_4$, corindón, talco, silicato de zirconio y grafito. Por el contrario, las adiciones de nitruro de boro (independientemente de los tamaños de partícula etc., ejemplos 1.12 - 1.14) a respectivas mezclas de material moldeable muestran niveles de resistencia claramente reducidos, en particular resistencias inmediatas.

Tabla 1

Composiciones de las mezclas de material moldeable						
	Arena de cuarzo H32	Vidrio soluble alcalino	SiO_2 amorfo	Sulfato de bario	Otros aditivos	
1.01	100 GT	2,0 GT a)	-	-	-	comparación
1.02	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	-	comparación
1.03	100 GT	2,0 GT a)	-	0,3 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.04	100 GT	2,0 GT a)	-	0,5 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.05	100 GT	2,0 GT a)	-	1,0 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.06	100 GT	2,0 GT a)	-	2,0 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.07	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	0,3 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.08	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	0,5 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.09	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	1,0 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.10	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	2,0 GT c)	-	de acuerdo con la invención
1.11	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	0,3 GT d)	-	de acuerdo con la invención
1.12	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT e)	comparación
1.13	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT f)	comparación
1,14	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT g)	comparación
1.15	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT h)	comparación
1.16	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT i)	comparación
1.17	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT k)	comparación
1.18	100 GT	2,0 GT a)	0,5 GT b)	-	0,3 GT l)	comparación
Comparación = no de acuerdo con la invención						

Tabla 2

Resistencias a la flexión			
	Resistencias en caliente [N/cm^2]	Resistencias tras 1 h [N/cm^2]	
1.01	90	380	comparación, no de acuerdo con la invención
1.02	150	470	comparación, no de acuerdo con la invención
1.03	95	365	de acuerdo con la invención
1.04	100	360	de acuerdo con la invención
1.05	100	350	de acuerdo con la invención
1.06	100	300	de acuerdo con la invención
1.07	160	460	de acuerdo con la invención
1.08	140	470	de acuerdo con la invención
1.09	140	440	de acuerdo con la invención
1.10	125	410	de acuerdo con la invención
1.11	145	480	de acuerdo con la invención
1.12	95	345	comparación, no de acuerdo con la invención
1.13	100	315	comparación, no de acuerdo con la invención
1.14	100	340	comparación, no de acuerdo con la invención
1.15	150	470	comparación, no de acuerdo con la invención
1.16	135	460	comparación, no de acuerdo con la invención
1.17	130	410	comparación, no de acuerdo con la invención
1.18	155	460	comparación, no de acuerdo con la invención

2) Mejora de la superficie de fundición

La influencia del sulfato de bario como aditivo de material moldeable sobre la superficie de fundición se sometió a ensayo y se valoró en comparación con mezclas de material moldeable no de acuerdo con la invención. Para este fin se procedió tal como sigue:

- Se colocaron barras de prueba de Georg-Fischer de las mezclas de material moldeable 1.01 a 1.18 en la tabla 1 en un molde de 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 aproximadamente 735 ºC.
- 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 a continuación con respecto a las adhesiones de arena que quedan y la rugosidad.

Las secciones de fundición de las mezclas 1.01 y 1.02 muestran claramente más adhesiones de arena que las de las mezclas 1.03 a 1.11. El efecto positivo del sulfato de bario sobre las superficies de fundición se vuelve en este caso muy evidente. También muestra una comparación de la superficie de fundición para mezclas 1.07 y 1.11 que aparece el efecto deseado tanto con sulfato de bario natural como también con sulfato de bario sintético. No desempeña con frecuencia ningún papel si se usa sulfato de bario sintético o natural.

Una comparación de las secciones de fundición de las mezclas 1.07 y 1.11 a 1.18 muestra que solo las adiciones de sulfato de bario o nitruro de boro hexagonal conducen a superficies mejoradas. Con ayuda de otros aditivos (corindón, talco, grafito, silicato de zirconio) no pudo observarse o al menos apenas pudo observarse una mejora de la superficie.

REIVINDICACIONES

1. Mezcla de material moldeable para la fabricación de moldes de fundición para el procesamiento de metal, que comprende al menos:

- un material base moldeable refractario;
- un aglutinante a base de vidrio soluble;
- sulfato de bario; y
- óxidos metálicos en forma de partículas seleccionados del grupo de SiO_2 amorfo, óxidos de aluminio y aluminosilicatos y sus mezclas.

2. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 1, en la que el tamaño de partícula promedio del sulfato de bario asciende en la mezcla de material moldeable a entre 0,1 μm y 60 μm.

3. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 1 o 2, en la que el sulfato de bario está contenido en del 0,02 % al 5,0 % en peso, preferentemente del 0,05 % al 3,0% en peso, en particular preferentemente del 0,1 % al 2,0 % en peso o del 0,3 % al 0,89 % en peso, en la mezcla de material moldeable.

4. Mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la mezcla de material moldeable contiene como máximo un 0,2 % en peso de compuestos orgánicos.

5. Mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que el vidrio soluble presenta un módulo molar SiO_2/M_2O de 1,6 a 4,0, preferentemente de 2,0 hasta menos de 3,5, con M igual a litio, sodio y/o potasio.

6. Mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que la mezcla de material moldeable contiene del 0,5 % al 5 % en peso de vidrio soluble, preferentemente del 1 % al 3,5 % en peso de vidrio soluble, con respecto al material base moldeable, en la que la proporción de sólidos del vidrio soluble asciende a del 25 % al 65 % en peso, preferentemente del 30 % al 60 % en peso.

7. Mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en la que los óxidos metálicos en forma de partículas presentan un tamaño de partícula primaria promedio entre 0,05 mm y 10 mm, en particular entre 0,1 mm y 5 mm, de manera especialmente preferente entre 0,1 mm y 2 mm, e independientemente de esto una superficie BET de 1 a 200 m^2/g, en particular de 1 a 50 m^2/g y de manera especialmente preferente de 1 a 30 m^2/g.

8. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 7, en la que la mezcla de material moldeable contiene SiO_2 amorfo en cantidades del 0,1 % al 2 % en peso, preferentemente del 0,1 % al 1,5 % en peso, en cada caso con respecto al material base moldeable e independientemente de esto del 2 % al 60 % en peso, de manera especialmente preferente del 4 % al 50 % en peso con respecto al peso del aglutinante, preferentemente del 30 % al 60 % en peso.

9. Mezcla de material moldeable según la reivindicación 1 u 8, en la que el SiO_2 amorfo usado presenta un contenido en agua inferior al 15 % en peso, en particular inferior al 5 % en peso y de manera especialmente preferente inferior al 1 % en peso e independientemente en particular se usa como polvo.

10. Mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por** una o varias de las siguientes características:

a) la mezcla de material moldeable contiene además tensioactivos, preferentemente seleccionados del grupo de los tensioactivos aniónicos que comprende sulfato de oleílo, sulfato de estearilo, sulfato de palmitilo, sulfato de miristilo, sulfato de laurilo, sulfato de decilo, sulfato de octilo, sulfato de 2-etilhexilo, sulfato de 2-etiloctilo, sulfato de 2-etildecilo, sulfato de palmitoleílo, sulfato de linolilo, sulfonato de laurilo, sulfonato de 2-etildecilo, sulfonato de palmitilo, sulfonato de estearilo, sulfonato de 2-etilestearilo, sulfonato de linolilo, fosfato de hexilo, fosfato de 2-etilhexilo, fosfato de caprilo, fosfato de laurilo, fosfato de miristilo, fosfato de palmitilo, fosfato de palmitoleílo, fosfato de oleílo, fosfato de estearilo, hidroxifosfato de poli-(1,2-etanodiil-)-fenol, fosfato de poli-(1,2-etanodiil-)-estearilo, así como fosfato de poli-(1,2-etanodiil-)-oleílo,
estando contenido en cada caso más preferentemente el tensioactivo con respecto al peso del material base moldeable refractario en una proporción del 0,001 % al 1 % en peso, de manera especialmente preferente del 0,01 % al 0,2 % en peso, en la mezcla de material moldeable;
b) la mezcla de material moldeable contiene además grafito, preferentemente del 0,05 % al 1 % en peso, en particular del 0,05 % al 0,5 % en peso, con respecto al peso del material base moldeable refractario;
c) la mezcla de material moldeable contiene además al menos un compuesto que contiene fósforo, preferentemente del 0,05 % al 1,0 % en peso, de manera especialmente preferente del 0,1 % al 0,5 % en peso, con respecto al peso del material base moldeable refractario.

11. Procedimiento para la fabricación de moldes de fundición o núcleos que comprende:

- preparar la mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10,
- introducir la mezcla de material moldeable en un molde y
- curar la mezcla de material moldeable con la retirada de agua mediante curado en caliente con calentamiento.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la mezcla de material moldeable se introduce en el molde por medio de una moldeadora neumática de machos con ayuda de aire comprimido y el molde es un útil de moldeo y por el útil de moldeo se hace pasar uno o varios gases.

13. Procedimiento según la reivindicación 11 o 12, en el que la mezcla de material moldeable se somete para el curado a una temperatura de al menos 100 ºC durante por debajo de 5 min e independientemente de esto la mezcla de material moldeable se calienta en particular preferentemente mediante introducción por soplado de aire de una temperatura de 100 ºC a 180 ºC en el útil de moldeo.

14. Molde o núcleo que puede fabricarse según al menos una de las reivindicaciones 11 a 13.

15. Procedimiento para la fundición de aluminio que comprende

- preparar la mezcla de material moldeable según al menos una de las reivindicaciones 1 a 10,
- introducir la mezcla de material moldeable en un molde,
- curar la mezcla de material moldeable con la retirada de agua mediante curado en caliente con calentamiento para la fabricación de un mol de fundición o de un núcleo y
- colar el aluminio o una aleación de aluminio en el molde de fundición o poner en contacto el aluminio líquido o una aleación de aluminio líquida con el núcleo.

16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el curado para la fabricación de un molde de fundición o de un núcleo es un curado en caliente, en particular mediante exposición de la mezcla de material moldeable a una temperatura de al menos 100 ºC durante por debajo de 5 min, e independientemente de esto en particular preferentemente mediante introducción por soplado de aire de una temperatura de 100 ºC a 180 ºC en el útil de moldeo.

17. Uso de sulfato de bario como parte constituyente de moldes de fundición y núcleos para la fundición de metal, en particular la fundición de aluminio o aleaciones de aluminio, para obtener piezas de fundición con una superficie de fundición mejorada, curándose los moldes de fundición y núcleos con vidrio soluble en presencia de óxidos metálicos en forma de partículas seleccionados del grupo de SiO_2 amorfo, óxidos de aluminio y aluminosilicatos y sus mezclas.