

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 264**

51 Int. Cl.:

B22D 29/00 (2006.01)

B22C 21/00 (2006.01)

B22C 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2015 PCT/EP2015/066546**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.02.2016 WO16016035**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2015 E 15738697 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3119545**

54 Título: **Procedimiento para fundir piezas de fundición**

30 Prioridad:

30.07.2014 DE 102014110826

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

08.05.2020

73 Titular/es:

**FRITZ WINTER EISENGIESSEREI GMBH & CO.
KG (100.0%)
Albert-Schweitzer-Strasse 15
35260 Stadtallendorf, DE**

72 Inventor/es:

**ARNOLD, KLAUS;
ROGOWSKI, DIRK;
SCHMIDT, JÜRGEN y
SÜSSMANN, ROLF**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 759 264 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fundir piezas de fundición

5 La invención se refiere a un procedimiento para fundir piezas de fundición, en el que una masa fundida de metal se
 10 cuela en un molde de fundición, que rodea una cavidad que reproduce la pieza de fundición que va a crearse, en
 donde el molde de fundición como molde perdido consta de una o varias partes o machos de molde de fundición.
 Las partes de molde de fundición o machos de fundición están moldeadas a este respecto de un material de moldeo
 que se compone de una arena para machos, un aglutinante y opcionalmente uno o varios aditivos para regular
 determinadas propiedades del material de moldeo.

15 En procedimientos convencionales de este tipo se facilita habitualmente, en primer lugar, el molde de fundición que
 reproduce la pieza de fundición cuyas partes de molde de fundición y machos de fundición se han prefabricado en
 pasos de trabajo separados. El molde de fundición puede estar formado como un denominado "conjunto de machos"
 por un gran número de machos de fundición. Asimismo es posible utilizar moldes de fundición que se componen, por
 ejemplo, de solo dos mitades de molde, cada una compuesta de material de moldeo, en la que está moldeada la
 cavidad de molde que reproduce la pieza de fundición, en donde también en este caso pueden estar presentes
 machos de molde para reproducir entalladuras, huecos, canales y similares en la pieza de fundición.

20 Ejemplos típicos para piezas de fundición que se crean con un procedimiento de acuerdo con la invención son
 bloques del motor y cabezas de cilindro. Para motores más grandes y sometidos a mayores cargas, se fabrican a
 partir de fundición de hierro en el procedimiento de fundición en arena.

25 Como material de moldeo para las partes de molde de fundición que forman el cierre externo del molde de fundición
 en la zona de la fundición de hierro se utilizan habitualmente arenas de cuarzo mezcladas con bentonitas,
 formadores de carbón brillante y agua. Por el contrario, los machos de fundición que reproducen los huecos internos
 y canales de la pieza de fundición se moldean habitualmente de arenas para machos habituales en el mercado que
 se mezclan con un aglutinante orgánico o inorgánico, por ejemplo con una resina sintética o vidrio soluble.

30 Independientemente del tipo de las arenas para machos y aglutinantes, el principio básico en la fabricación de
 moldes de fundición moldeados a partir de materiales de moldeo del tipo mencionado anteriormente consiste en que,
 tras la conformación, el aglutinante mediante un tratamiento térmico o químico adecuado se endurece de modo que
 los granos de la arena para machos se pegan entre sí y con una duración suficiente queda garantizada la resistencia
 de forma del macho o de la parte de molde.

35 Precisamente en la fundición de piezas de fundición de fundición de hierro de gran volumen, la presión interna que
 carga la pieza de fundición en el molde de fundición tras la colada de la masa fundida de metal puede ser muy alta.
 Para absorber esta presión y evitar de manera segura un reventón del molde de fundición deben utilizarse o moldes
 de fundición de paredes gruesas, de gran volumen o construcciones de apoyo que soportan el molde de fundición en
 su lado externo.

45 Una posibilidad de una construcción de soporte de este tipo consiste en un encerramiento que se vuelca sobre el
 molde de fundición. El encerramiento está configurado habitualmente a modo de una envoltura que rodea el molde
 de fundición en sus lados perimetrales aunque en su lado superior presenta una abertura suficientemente grande
 para permitir la colada de la masa fundida en el molde de fundición. El encerramiento está dimensionado a este
 respecto de modo que tras la colocación al menos en las secciones decisivas para el soporte del molde de fundición
 entre las superficies internas del encerramiento y las superficies externas del molde de fundición sigue existiendo un
 espacio de llenado. Este espacio de llenado se llena con un material de llenado no aglomerado de modo que se
 garantiza un soporte de gran superficie de la sección superficial respectiva en el encerramiento. Para alcanzar en
 este caso un llenado lo más uniforme posible del espacio de llenado, un contacto igualmente uniforme del molde de
 fundición con el material de llenado y un soporte correspondientemente uniforme del material de molde de fundición
 quebradizo se emplean como material de llenado por regla general materiales de llenado no aglomerados, de grano
 fino como arena o granalla de acero que poseen una elevada densidad aparente a granel. Tras el llenado el material
 de llenado se compacta adicionalmente. La meta en este caso es crear una masa de llenado lo más compacta
 posible que a modo de un monolito incompresible garantiza la transmisión directa de las fuerzas de apoyo desde el
 encerramiento hacia el molde de fundición.

60 La masa fundida de metal se cuela con temperatura elevada en el molde de fundición, de modo que también las
 partes de molde y machos de fundición, de las que está compuesto el molde de fundición se calientan intensamente.
 A consecuencia de ello el molde de fundición comienza a irradiar calor. Si la temperatura del molde de fundición
 sobrepasa una temperatura mínima determinada, entonces el aglutinante del material de moldeo comienza a
 evaporar y combustionar liberando calor adicional. El aglutinante pierde por ello su efecto. Mediante esta
 descomposición del aglutinante se pierde la unión de los granos del material de moldeo del que están fabricadas las
 partes de molde y machos de fundición del molde de fundición y el molde de fundición o sus partes y machos que se
 componen de material de moldeo se desintegran en fragmentos individuales.

5 Por la práctica se conoce que puede aprovecharse este efecto para el desmoldeo de la pieza de fundición del molde de fundición respectivo. Así, por los documentos EP 0 546 210 B2, el WO 01/08836 A1 o el EP 0 612 276 B2 se conocen procedimientos de tratamiento de calor para piezas de fundición en los que el molde de fundición con las piezas de fundición entra en un desarrollo de procedimiento continuo desde el calor de fundición en un horno de
 10 tratamiento de calor. En el paso a través del horno el molde de fundición y las piezas de fundición durante un tiempo suficientemente largo se someten a una temperatura en la que se regula el estado de la pieza de fundición pretendido mediante el tratamiento de calor. Al mismo tiempo la temperatura del tratamiento de calor está seleccionada de modo que el aglutinante del material de moldeo se descompone. Los fragmentos del molde de fundición que se desprenden automáticamente de la pieza de fundición, que se componen de material de moldeo se
 15 recogen todavía en el horno de tratamiento de calor en un lecho de arena. Allí permanecen durante cierto tiempo para seguir impulsando la desintegración de los fragmentos de las partes de molde y machos de fundición. La fragmentación de los fragmentos de material de moldeo que se desprenden del molde de fundición puede respaldarse porque el lecho de arena se fluidifica al insuflarse una corriente de gas caliente. Los fragmentos de material de moldeo fragmentados suficientemente se alimentan finalmente a una preparación en la que se recupera la arena para machos de modo que puede utilizarse para la fabricación de partes de molde y muchos de fundición nuevos.

20 El modo de proceder conocido en el desmoldeo y preparación de los moldes de fundición necesarios para la fundición de piezas de fundición se ha acreditado en la práctica en la fundición de piezas para motores de combustión de aluminio en un número elevado de piezas. No obstante, requiere un horno de longitud constructiva considerable y un manejo de los moldes de fundición y piezas de fundición que ha resultado ser complejo en el caso de piezas o moldes de fundición de gran volumen que necesitan un soporte adicional mediante un encerramiento del tipo descrito anteriormente. Esto se aplica en particular para tales piezas de fundición que deben fabricarse de fundición de hierro en números de piezas pequeños o medios.

25 Ante este trasfondo el objetivo de la invención consistía en indicar un procedimiento que permita con eficiencia energética optimizada y de manera especialmente rentable la fabricación en técnica de fundición de piezas de fundición.

30 La invención ha conseguido este objetivo mediante el procedimiento indicado en la reivindicación 1.

Configuraciones ventajosas de la invención están indicadas en las reivindicaciones dependientes y se explican a continuación detalladamente como la idea inventiva general.

35 La invención proporciona por consiguiente un procedimiento para fundir piezas de fundición en el que una masa fundida de metal se cuela en un molde de fundición que rodea una cavidad que reproduce la pieza de fundición que va a crearse. El molde de fundición está configurado como molde perdido que está compuesto por una o varias partes o machos de molde de fundición. Estas partes de molde de fundición están moldeadas en cada caso de un material de moldeo, que se compone de una arena para machos, un aglutinante y opcionalmente uno o varios
 40 aditivos para regular determinadas propiedades del material de moldeo.

El procedimiento de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas de procedimiento:

- 45 - facilitar el molde de fundición;
- encerrar el molde de fundición en una carcasa configurando un espacio de llenado entre al menos una sección de superficie interna de la carcasa y una sección de superficie externa asociada del molde de fundición;
- 50 - llenar del espacio de llenado con un material de llenado no aglomerado;
- colar la masa fundida de metal en el molde de fundición,
- en donde el molde de fundición como resultado de la colada de la masa fundida de metal comienza a irradiar calor, es la consecuencia del aporte de calor provocado mediante la masa fundida de metal caliente, y
 55 - en donde a consecuencia del aporte de calor provocado mediante la masa fundida el aglutinante del material de moldeo comienza a evaporarse y a combustionar, de modo que pierde su efecto y el molde de fundición se desintegra en fragmentos.

60 Según la invención ahora el material de llenado, llenado en el espacio de llenado posee una densidad aparente a granel tan reducida que por el paquete de material de llenado formado allí por el material de llenado después del llenado del espacio de llenado puede circular una corriente de gas. Además el material de llenado en el procedimiento de acuerdo con la invención durante el llenado del espacio de llenado presenta una temperatura mínima de al menos 500°C, partiendo de la cual la temperatura del material de llenado mediante calor de proceso,
 65 que se forma mediante el calor emitido por el molde de fundición y mediante el calor que se libera en la combustión del aglutinante, sube hasta por encima de una temperatura límite de 700 °C.

5 El procedimiento de acuerdo con la invención por consiguiente toma como base el pensamiento de usar el material de llenado en el sentido de un acumulador de calor y regular la temperatura de este acumulador de calor y configurarlo de modo que la descomposición del aglutinante del material de moldeo, del que están fabricadas las partes de molde y machos de fundición del molde de fundición, ya se descompone en gran medida durante el tiempo de permanencia en el encerramiento mediante efecto de temperatura.

10 De este modo se consigue que las partes y machos del molde de fundición que constan de material de moldeo están desintegrados en fragmentos de modo que estos fragmentos se desprenden de la pieza de fundición y la pieza de fundición tras la retirada del encerramiento al menos en la zona de sus superficies externas está libre en mayor medida de partes de molde o machos adherentes.

15 Al mismo tiempo en este momento se desintegran también los machos, que en el interior de la pieza de fundición reproducen canales o huecos de modo que la arena para machos y los fragmentos de material de moldeo de estos machos o ya en el encerramiento de forma automática caen lentamente de la pieza de fundición o de manera conocida *per se*, pueden retirarse de la pieza de fundición, por ejemplo, mediante métodos mecánicos, como agitación, o mediante lavado con un líquido adecuado.

20 El material de llenado según la invención llenado en el espacio de llenado configurado entre pieza de fundición y encerramiento no está aglomerado, de modo que llena por completo el espacio de llenado también cuando en la zona de las superficies externas del molde de fundición están presentes rebajes, huecos y similares.

25 Es decisivo a este respecto según la invención que el material de llenado posea una densidad aparente a granel que sea tan reducida que también después del llenado del espacio de llenado y una compactación realizada dado el caso del material de llenado cargado en el espacio de llenado pueda circular todavía una corriente de gas. Según la invención, por tanto a diferencia del estado de la técnica anteriormente mencionado no se genera expresamente ningún paquete altamente compacto en el espacio de llenado que si bien garantiza un soporte óptimo del molde de fundición sin embargo es impermeable al gas en gran medida. Más bien, el material de llenado utilizado según la invención ha de seleccionarse de modo que sea permeable para una corriente de gas que se regula, por ejemplo, a consecuencia de convección térmica. Esta se produce cuando el molde de fundición se calienta mediante la masa fundida de metal colado en él y los componentes de aglutinante que van a evaporarse del material de moldeo de las partes de molde y machos de fundición comienzan a evaporarse así como a combustionar al liberar calor.

35 Cuando en la presente memoria se habla de un aglutinante que se evapora y que combustiona, se refiere siempre a aquellos componentes de aglutinante que mediante alimentación de calor se convierten en vapor y pueden combustionar. Esto no excluye que otros componentes de aglutinante permanezcan en el molde de fundición en forma sólida u otra diferente, por ejemplo como productos de craqueo y allí de forma óptima se descompongan igualmente mediante influencia de calor.

40 La capacidad de circulación que va a prevalecer según la invención del material de llenado cargado en el espacio de llenado con una corriente de gas crea a este respecto no solo la posibilidad de que el aglutinante que va a evaporarse del molde de fundición en la zona del material de llenado combustione por sí mismo y por ello el material de llenado siga calentándose sino que permite adicionalmente la alimentación de oxígeno que favorece la combustión del aglutinante. De este modo el material de llenado mediante el calor de proceso alimentado a través de la masa fundida de metal y liberado mediante la combustión del aglutinante se calienta a una temperatura, que es tan alta que las partes de aglutinante de las partes y machos de molde que entran en contacto con el material de llenado, que salen del molde de fundición combustionan o se descomponen térmicamente al menos de modo que no tengan ningún efecto que dañe el medio ambiente o puedan extraerse del encerramiento como gas de escape y puedan alimentarse a una depuración de gases de escape.

50 El material de llenado con temperatura previamente regulada según la invención se introduce preferiblemente en un intervalo de tiempo corto antes de la colada de la masa fundida de metal en el espacio de llenado para minimizar pérdidas de temperatura.

55 Una vez que en el espacio de llenado se haya alcanzado una concentración suficiente de desgasificaciones combustibles del material de moldeo la combustión se inicia mediante el contacto con el material de llenado calentado. La combustión del aglutinante que sale del molde de fundición continúa y el material de llenado sigue regulándose en temperatura. Esta operación dura hasta que solo salgan del molde de fundición cantidades de aglutinante tan bajas que ya no se forme ninguna atmósfera combustible más en el encerramiento. El material de llenado caliente sin embargo mantiene ahora a modo de un acumulador de calor una temperatura por encima e la temperatura límite en la que se produce la combustión del aglutinante. El molde de fundición permanece de manera correspondiente al menos igualmente a esta temperatura, de modo que los restos de aglutinante que quedan en el molde de fundición se descomponen térmicamente.

65 Para el procedimiento de acuerdo con la invención son adecuados en particular moldes de fundición, cuyas partes de molde y machos se componen de material de moldeo que ya se ha unido mediante un aglutinante orgánico. Para

este propósito se tienen en cuenta, por ejemplo, aglutinante con contenido de disolvente habituales en el mercado o tales aglutinantes cuyo efecto se desencadena mediante una reacción química. Los sistemas de aglutinante correspondientes se utilizan hoy en día en los denominados procedimientos de "caja fría" (*cold-box*).

5 Como temperatura límite es adecuada en la práctica, en particular en el procesamiento de masa fundida de hierro de fundición, una temperatura de 700 °C. Por encima de 700 °C, en particular se produce la combustión de aglutinantes orgánicos de manera segura. Al mismo tiempo, en estas temperaturas otras sustancias nocivas salen del molde de fundición, se oxidan o de otra manera se hacen inocuas. Lo mismo se aplica para los productos de craqueo que aparecen en el molde de fundición a consecuencia de la desintegración del aglutinante en función de la temperatura que se descomponen de manera segura igualmente a temperatura elevadas de este tipo.

15 Según la invención al llenarse el material de llenado precalentado a una determinada temperatura en el espacio de llenado se consigue que el material de llenado a consecuencia del calor de proceso alimentado se caliente a una temperatura situada por encima de la temperatura límite. Los ensayos prácticos han mostrado en este caso que como temperatura mínima del material de llenado en el llenado al espacio de llenado es suficiente una temperatura de 500 °C.

20 Acompañando a la salida, la combustión y la descomposición del aglutinante, las partes y machos del molde de fundición de material de moldeo moldeados se desintegran en fragmentos sueltos que o bien pueden eliminarse tras la retirada del encerramiento y pueden alimentarse a una preparación o, ventajosamente, pueden retirarse del encerramiento ya durante el tiempo de permanencia que transcurre entre la colada de la masa fundida de metal y la retirada del encerramiento. Con este fin el molde de fundición puede colocarse sobre un fondo perforado y los fragmentos del molde de fundición que caen lentamente a través del fondo perforado pueden recogerse. De forma práctica las aberturas del fondo perforado están diseñadas a este respecto de modo que los fragmentos del molde de fundición y el material de llenado en conjunto caen lentamente a través del fondo perforado, se recogen y se preparan y tras la preparación se separan unos de otros. Esto tiene la ventaja de que ya no está presente ningún material de llenado suelto en el encerramiento cuando el encerramiento se retira.

30 El encerramiento del molde de fundición puede estar formado por consiguiente por una envoltura que rodea el molde de fundición con una distancia suficiente para la configuración del espacio de llenado, que se compone de un material térmicamente aislante y con una rigidez de forma suficiente, una placa de soporte perforada que actúa como placa perforada sobre la que se coloca el molde de fundición, y una tapa asimismo térmicamente aislante que tras el llenado del molde de fundición se coloca por encima. Para hacer posible una evacuación controlada de los gases de escape que se forman en el espacio de llenado puede estar previsto a este respecto adicionalmente una abertura de gas de escape.

35 También en el procedimiento de acuerdo con la invención el material de llenado, llenado en el espacio de llenado puede compactarse para crear entre el molde de fundición y el encerramiento una tensión previa mediante la cual se garantiza una cohesión segura, de posición exacta del molde de fundición también entonces cuando el molde de fundición está configurado como paquete de machos compuesto por un gran número de partes de molden y machos. Sin embargo, como se ha mencionado debido a la densidad aparente a granel escasa también en el caso de un material de llenado compactado de este tipo queda asegurada la capacidad de circulación con una corriente de gas.

45 La efectividad de la destrucción alcanzada según la invención de las partes de molde y machos del molde de fundición puede incrementarse aún más porque no solo el material de llenado, sino también el propio molde de fundición se diseña de manera que por él pueda circular el gas. Para este propósito pueden estar canales introducidos de manera precisa en el molde de fundición a través de los cuales circule el gas de escape caliente que se forma en el espacio de llenado o de manera correspondiente gas que contiene oxígeno precalentado. De este modo también dentro del molde de fundición aparece una evaporación, combustión rápida y cualquier otra descomposición térmica del aglutinante de material de moldeo. La desintegración del molde de fundición se acelera de este modo adicionalmente.

50 Los canales introducidos de manera precisa en el molde de fundición pueden utilizarse además para enfriar de manera acelerada zonas determinadas sobre el en la pieza de fundición determinada o evitar dicho enfriamiento acelerado con el fin de alcanzar en la zona respectiva determinadas propiedades de la pieza de fundición.

55 En el caso de un material de llenado de acuerdo con la invención, tras la compactación se transmite la tensión previa mediante los granos del material de llenado en contacto unos con otros. Para evitar a este respecto, a pesar de la permeabilidad al gas del material de llenado exigida según la invención, que los granos del material de llenado se desplacen de manera incontrolada, el encerramiento puede estar equipado en su superficie interna asociada al molde de fundición con una superficie estructurada sobre la que están soportados en arrastre de forma los granos que impactan contra esta superficie al menos en algunas partes.

65 El material de llenado debería presentar al mismo tiempo una idoneidad reducida para la acumulación de calor de calor para que el material de llenado se caliente y pueda mantenerse a una temperatura situada por encima de la temperatura límite durante el mayor tiempo posible.

El material de llenado adecuado de manera óptima para los propósitos de acuerdo con la invención combina por consiguiente una densidad aparente a granel reducida con una capacidad térmica específica reducida el material del que están fabricadas las piezas individuales que forman el material de llenado.

5 Los ensayos prácticos han arrojado en este caso que material de llenado en el que el producto P de densidad aparente a granel S_d y capacidad térmica específica c_p del material del que está fabricado el material de llenado, asciende como máximo $1 \text{ kJ/dm}^3\text{K}$ ($P = S_d \times c_p \leq 1 \text{ kJ/dm}^3\text{K}$), siendo especialmente adecuado material de llenado, en el que el producto $P = S_d \times c_p$ como máximo asciende a $0,5 \text{ kJ/dm}^3\text{K}$.

10 Independientemente de si se efectúa una compresión como material de llenado se han acreditado granulados u otro material a granel granuloso. A este respecto son especialmente adecuados materiales a granel de este tipo con densidades aparentes a granel de como máximo 4 kg/dm^3 , en particular menores de 1 kg/dm^3 o incluso menores de $0,5 \text{ kg/dm}^3$, para los propósitos de acuerdo con la invención.

15 Si se utiliza material de llenado granuloso, vertible y no aglomerado entonces, en ensayos prácticos ha resultado ser favorable si el diámetro medio de los granos asciende a $1,5 - 100 \text{ mm}$, empleándose de forma óptima material de llenado cuyos tamaños de grano están situados en el intervalo de $1,5 - 40 \text{ mm}$.

20 El material de llenado que se compone materiales con una capacidad térmica específica de como máximo 1 kJ/kgK , en caso ideal inferiores a $0,5 \text{ kJ/kgK}$, muestra un comportamiento de calentamiento y de acumulación de calor óptimos para la invención.

25 Como materiales de llenado son adecuados fundamentalmente todos materiales a granel que pueden someterse a carga térmica que cumplan las condiciones indicadas con anterioridad y sean lo suficientemente resistentes a la temperatura. Para este propósito son adecuados en particular materiales a granel no metálicos, como granulados de materiales cerámicos. Estos pueden presentar una forma irregular, ser esféricos o estar provistos con huecos para alcanzar un buen paso del gas por el material de llenado, llenado en el espacio de llenado con una propiedad de acumulación de calor reducida al mismo tiempo. También el material de llenado puede constar de elementos anulares o angulosos o poligonales que en el contacto entre sí solo se tocan unos con otros formando puntos de modo que entre ellos queda en cada caso espacio suficiente para garantizar un buen paso.

30 Para evitar que es mediante la corriente de gas que contiene oxígeno conducida hacia el encerramiento opcionalmente a través de una entrada de gas se produzca un enfriamiento del material de llenado la corriente de gas puede calentarse antes de su entrada en el espacio de llenado a una temperatura situada por encima de la temperatura ambiente. De forma óptima, a este respecto la temperatura de la corriente de gas se sitúa al menos al nivel de la temperatura mínima del material de llenado. Para el calentamiento de la corriente de gas puede utilizarse por ejemplo el gas de escape caliente que se extrae del encerramiento. Para este propósito puede utilizarse un intercambiador de calor conocido *per se*. Siempre y cuando esté previsto un fondo perforado a través del cual pueda llegar los fragmentos del molde de fundición dado el caso junto con el material de llenado más allá del encerramiento la corriente de gas que contiene oxígeno puede conducirse también a través de este fondo perforado. Esto tiene no solo la ventaja de una introducción en gran superficie sino provoca también que la corriente de gas alimentada se caliente mediante el contacto con los fragmentos de material de molde calientes, que caen lentamente desde el encerramiento, así como con el material de llenado igualmente caliente.

45 Como alternativa o como complemento es también concebible mezclar una corriente parcial de la corriente de gas de escape con la corriente de gas que contiene oxígeno y reconducir la mezcla de gas caliente obtenida de este modo hacia el espacio de llenado. Para este propósito puede ser útil que la corriente de gas que contiene oxígeno conducida al espacio de llenado esté compuesta en $10 - 90 \text{ Vol.-%}$ de gas de escape.

50 La corriente de gas que contiene oxígeno alimentada al espacio de llenado puede ser, por ejemplo, aire ambiente.

55 La corriente de gas que contiene oxígeno alimentada al espacio de llenado puede insuflarse como consecuencia del flujo desencadenado mediante convección de calor dentro del espacio de llenado a través de una entrada configurada de manera adecuada al espacio de llenado. Como alternativa naturalmente es igualmente concebible introducir la corriente de gas en el espacio de llenado por medio de un soplador o similar con una cierta presión.

60 Una regulación opcional de la corriente de gas introducida en el espacio de llenado puede realizarse dependiendo del flujo volumétrico de gas de escape que sale del encerramiento para evitar la formación de sobrepresión en la atmósfera que predomina en el espacio de llenado. Para este propósito la entrada de gas respectiva puede estar equipada con un mecanismo que regula el aire adicional dependiendo de la velocidad de circulación. Con este fin es adecuada por ejemplo una válvula de lanzadera conocida *per se* que está suspendida y sometida a carga de modo que regula automáticamente la presión de corriente de la corriente de gas que pasa por ella dependiendo de contrapesos, la velocidad de circulación y por consiguiente la alimentación de aire de combustión.

65 Igualmente es concebible efectuar en la salida de gas de escape una medición de gas de escape y regular la

corriente de gas que contiene oxígeno dependiendo del resultado de esta medición con el fin de garantizar una combustión completa del aglutinante y de los otros gases que salen posiblemente del molde de fundición en el espacio de llenado.

5 Una disminución al mínimo de la emisión de sustancias nocivas puede alcanzarse en el procedimiento de acuerdo con la invención también al estar equipado el encerramiento con un equipo de catalizador para la descomposición de sustancias nocivas contenidas en los productos de combustión del aglutinante.

10 La pieza de fundición al descubierto tras el desmoldeo de acuerdo con la invención puede pasar por un tratamiento de calor después de la desintegración del molde de fundición en el que se enfría de modo controlado conforme a una curva de enfriamiento determinada de manera conocida *per se* para producir un estado de la pieza de fundición determinada.

15 Naturalmente en el modo de proceder de acuerdo con la invención pueden estar alojados al mismo tiempo varios moldes de fundición conjuntamente en un encerramiento y estos moldes de fundición se llenan en paralelo o en sucesión consecutiva estrecha en el tiempo con masa fundida de metal.

20 Fundamentalmente el procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado para todo tipo de materiales de fundición metálicos en cuyo procesamiento se forme un calor de proceso lo suficientemente alto. El procedimiento de acuerdo con la invención es especialmente adecuado para fabricar piezas de fundición de fundición de hierro, porque debido a la temperatura elevada de la masa fundida de hierro de fundición las temperaturas previstas para la combustión del aglutinante según la invención especialmente pueden alcanzarse de forma segura. En particular de un modo de acuerdo con la invención pueden procesarse materiales de fundición de hierro GJL-, GJS- y GJV- así como fundición de acero.

25 Cuando en la presente memoria se habla de que el molde de fundición utilizado según la invención consta de partes de molde o machos que están moldeados a partir de material de moldeo entonces esto incluye naturalmente la posibilidad de fabricar dentro de un molde de fundición de este tipo piezas individuales, como coquillas de enfriamiento, soportes y similares, de otros materiales. Es decisivo únicamente que el molde de fundición contenga tanto volumen de material de moldeo que durante la colada de la masa fundida de metal respectiva se produzca la evaporación de aglutinante que combustione después en el espacio de llenado y caliente el material de llenado en una medida que mediante una duración suficiente para una descomposición completa en mayor medida del aglutinante del material de moldeo mantenga una temperatura situada por encima de una temperatura límite.

35 La depuración de la corriente de gas de escape que sale del encerramiento previsto según la invención puede realizarse porque las sustancias combustibles todavía presentes en el gas de escape combustionan con retardo en una combustión de aire de escape. A este respecto el calor que se libera puede utilizarse de nuevo para precalentar la corriente de gas que contiene oxígeno conducida hacia el encerramiento.

40 Siempre y cuando con varios moldes de fundición de acuerdo con la invención en paralelo se creen piezas de fundición paralelas entre sí de manera de acuerdo con la invención entonces puede ser conveniente si los moldes de fundición con los encerramientos asociados a ellos se encuentran conjuntamente en un túnel o similar y los gases de escape que se forman se expulsan a través de un conducto de gases de escape común.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado en particular para la fabricación de bloques del motor con y cabezas de cilindro para motores de combustión con la técnica de fundición. En particular cuando los elementos constructivos en cuestión están determinados para vehículos comerciales, estos y el molde de fundición necesario en cada caso para su fabricación presenta un gran volumen en comparación en el cual las ventajas del modo de proceder de acuerdo con la invención repercuten de manera especialmente clara.

50 Los fragmentos de arena para machos obtenidos según la invención cuando salen del encerramiento, por regla general están todavía tan calientes que pueden fragmentarse en un mecanismo molturador convencional sin alimentación de calor adicional. Si los fragmentos de arena para machos se presentan como mezcla con el material de llenado entonces tras la molienda se realiza la separación. Esta entonces es muy sencilla porque el tamaño de grano de arena para machos obtenida tras la molienda es mucho más pequeño que el tamaño de grano del material de llenado. El mecanismo molturador puede estar diseñado a este respecto de modo que provoque un condicionamiento previo mecánico de la arena para machos. Dicho condicionamiento previo puede consistir por ejemplo en que mediante el contacto de la arena para machos con el granulado de material de llenado, la rugosidad superficie de los granos de arena aumente y, por consiguiente, en el siguiente procesamiento para formar una pieza de molde o macho la adhesión del aglutinante en la arena para machos se mejora.

La arena-regenerado obtenida tras la preparación puede mezclarse de manera conocida *per se* con arena nueva

65 A continuación, la invención se explica con más detalle mediante un dibujo que representa un ejemplo de realización. Sus figuras muestran en cada caso esquemáticamente:

- la figura 1 un diagrama de flujo que representa el proceso de acuerdo con la invención;
- la figura 2 – 8 un reactor térmico en distintas fases de la realización del procedimiento de acuerdo con la invención en cada caso en un corte a lo largo de su eje longitudinal;
- 5 la figura 9 el reactor térmico abierto para la extracción de la pieza de fundición en una vista correspondiente a las figuras 2 - 8;
- la figura 10 un equipo para el enfriamiento de una pieza de fundición;
- 10 la figura 11 la pieza de fundición acabada;
- la figura 12 un depósito colector del reactor térmico en una vista correspondiente a las figuras 2 - 8;
- 15 la figura 13 un mecanismo molturador para regenerar arena para machos en un corte transversalmente a su eje longitudinal;
- la figura 14 un molde de fundición para la fundición de una pieza de fundición en una vista correspondiente a las figuras 2 - 8;
- 20 la figura 15 un depósito de reserva llenado con material de llenado en una vista correspondiente a las figuras 2 - 8.

25 En la figura 1 está representado el ciclo como diagrama que se produce en la realización del procedimiento de acuerdo con la invención. Se inicia a este respecto con partes de molde de fundición y machos de material de moldeo, que es una mezcla de arena para machos nueva, hasta ahorra sin usar, por ejemplo arena de cuarzo, y un aglutinante convencional, por ejemplo un aglutinante de caja fría habitual en el mercado. Igualmente se utiliza material de llenado, por ejemplo granulado cerámico con un tamaño de grano medio de 1,5 - 25 mm, que para la primera utilización debe calentarse a la temperatura mínima exigida, por ejemplo 500 °C, antes de que pueda utilizarse. Adicionalmente estos materiales de partida pueden volver a utilizarse en el ciclo, como se explica a continuación.

35 El reactor térmico T representado en las figuras 2 - 8 en distintas fases del procedimiento de acuerdo con la invención presenta una placa perforada 1 sobre la que está colocado un molde de fundición 2 preparado para la colada de una masa fundida de hierro de fundición. El molde de fundición 2 está determinado para la fabricación en técnica de fundición de una pieza de fundición G que en el ejemplo presente es un bloque del motor para un motor de combustión de un vehículo comercial ligero.

40 El molde de fundición 2 está compuesto de manera convencional como paquete de machos de un gran número de machos externos o partes de molde dispuestos en el exterior y machos de fundición dispuestos en el interior. Adicionalmente el molde de fundición 2 puede comprender elementos constructivos que se componen de acero u otros materiales indestructibles. A estos pertenecen, por ejemplo, coquillas de enfriamiento y similares que se disponen en el molde de fundición 2 para alcanzar mediante una solidificación acelerada de la masa fundida que entra en contacto con la coquilla de enfriamiento una solidificación precisa de la pieza de fundición G.

45 El molde de fundición 2 delimita una cavidad de molde 3 con respecto al entorno U en la que se cuela la masa fundida de hierro de fundición para formar la pieza de fundición G. La masa fundida de hierro circula a este respecto a través de un sistema de ataque hacia la cavidad de molde 3 que, en este caso, para mayor claridad no está representada.

50 Los machos y partes de molde del molde de fundición 2 están fabricados convencionalmente en el procedimiento de caja fría de un material de moldeo convencional que es una mezcla de una arena para machos habitual en el mercado, un aglutinante orgánico igualmente habitual en el mercado y aditivos añadidos opcionalmente que, por ejemplo sirven para la mejor humectación de los granos de la arena para machos mediante el aglutinante. Desde el material de moldeo se moldean los machos de fundición y partes de molde del molde de fundición 2. A continuación los machos de fundición y partes de molde obtenidos se gasifican con un gas de reacción para endurecer el aglutinante mediante una reacción química y por ello dotar a los machos y partes de molde la rigidez de forma necesaria.

60 La placa perforada 1 está soportada con su borde sobre un desnivel marginal 4 circundante de un depósito colector 5. En la superficie de apoyo circundante del desnivel marginales 4 está practicado un elemento de estanqueidad 6.

65 Después de que el molde de fundición 2 se haya colocado sobre la placa perforada 1 un encerramiento 7 que pertenece igualmente al reactor térmico T se coloca sobre el desnivel marginal 4 del depósito colector 5. El encerramiento 7 está configurado a modo de una campana y reviste el molde de fundición 2 en sus superficies periféricas 8 externas. A este respecto el perímetro del espacio cercado por el encerramiento 7 presenta una

sobredimensión con respecto al perímetro del molde de fundición 2, de modo que tras la colocación del encerramiento 7 sobre el fondo perforado 1 entre la superficie periférica externa del molde de fundición 2 y la superficie interna 9 del encerramiento 7 está formado un espacio de llenado 10. Con su borde asociado al depósito colector 5 el encerramiento sobre el elemento de estanqueidad 6, de modo que se garantiza en este caso un cierre estanco del espacio de llenado 10 con respecto al entorno U. El encerramiento se compone de un material térmicamente aislante que puede constar de varias capas, de las cuales, una capa garantiza la estabilidad de forma necesaria del encerramiento 7 y otra capa garantiza el aislamiento térmico. En su lado superior el encerramiento 7 cerca una gran abertura 11, a través de la cual el molde de fundición 2 puede llenarse con masa fundida de hierro de fundición y el espacio de llenado 10 (figura 3) con material de llenado F.

Para el llenado del espacio de llenado 10 con un granulado configurado como granuloso G y material de llenado F regulado a una temperatura T_{min} de al menos 500 °C un depósito de reserva V se coloca sobre la abertura 11 desde la cual a continuación el material de llenado caliente F puede correr lentamente a través de un sistema de distribución 12 en el espacio de llenado 10 (figura 4).

Cuando ha finalizado la operación de llenado el paquete de material de llenado, llenado en el espacio de llenado 10 puede compactarse si fuera necesario. A continuación se coloca una tapa 13 sobre la abertura 11 que igualmente posee una abertura 14 a través de la cual puede llenarse (figura 5) la masa fundida de hierro de fundición en el molde de fundición 2.

A continuación se realiza la colada de la masa fundida de hierro de fundición en el molde de fundición 2 (figura 6).

A través de una entrada de gas 15 moldeada en la zona marginal inferior del encerramiento 7 puede entrar mientras tanto aire ambiente que contiene oxígeno en el espacio de llenado 10. Igualmente se aspira aire ambiente que llega a través de un acceso 16 al depósito colector 5 a través del fondo perforado 1 en el espacio de llenado 10 (figura 7).

La destrucción del molde de fundición 2 voluntaria que se inicia con la colada de la masa fundida de hierro de fundición y el desmoldeo que acompaña a esta de la pieza de fundición G se desarrolla en dos fases.

En la primera fase se evapora disolvente contenido en el aglutinante. El disolvente en forma de vapor que sale del molde de fundición 2 alcanza en el espacio de llenado 10 una concentración en la que se enciende automáticamente y se produce la combustión. Mediante el calor que se libera a este respecto del material de llenado F granuloso, llevado a una temperatura T_{min} de aproximadamente 500 °C se calienta por encima de la temperatura límite T_{lim} de más allá de 700 °C hasta que su temperatura alcanza la temperatura máxima T_{max} de aproximadamente 900 °C.

Cuando la concentración de los componentes de aglutinante que se evaporan desde el molde de fundición 2 para una combustión autónoma ya no es suficiente el material de llenado calentado de tal manera asume la función de un acumulador de calor, mediante el cual la temperatura del molde de fundición 2 y en el espacio de llenado 10 se mantiene a un nivel situado por encima de una temperatura T_{lim} de 700 °C. De este modo la combustión de los componentes de aglutinante que salen del molde de fundición 2 y otras sustancias nocivas potenciales se mantiene hasta que no se evapora ningún aglutinante más desde el molde de fundición 2. Las sustancias en forma de vapor que siguen saliendo entonces posiblemente del molde de fundición 2 se oxidan mediante temperatura elevada que domina en el espacio de llenado 10 o se hacen inocuas de otro modo.

Igualmente las corrientes de gas S1, S2 que contienen oxígeno, formadas del aire ambiente contribuyen a completar la combustión de los gases que salen del molde de fundición 2, que llegan a través de la entrada de gas 15 y el fondo perforado 1 al espacio de llenado 10 del encerramiento 7.

Dado que la densidad aparente a granel del material de llenado F es tan baja que también tras una compresión se garantiza una buena permeabilidad a los gases del paquete de material de llenado presente en el espacio de llenado 10 queda garantizada una buena mezcla de los gases que salen del molde de fundición 2 con el oxígeno para corrientes de gas S1, S2 que facilitan su combustión. Al mismo tiempo el paquete de material de llenado soporta en el espacio de llenado 10 el molde de fundición 2 en sus superficies perimetrales e impide de este modo una rotura de la masa fundida de hierro de fundición.

El paso de los gases que salen del molde de fundición 2 a través del material de llenado F provoca una buena mezcla con la corriente de gas S1, S2 alimentada, un tiempo de permanencia más largo y una buena capacidad de reacción. El molde de fundición 2 se calienta tanto mediante la combustión del sistema aglutinante y el calor introducido mediante el metal colado en el molde de fundición 2, como mediante el material de llenado F precalentado. A consecuencia de ello el sistema aglutinante que cohesiona las partes de molde y machos del molde de fundición 2 se destruye casi por completo. Las partes de molde y machos se desintegran a continuación en fragmentos B o granos de arena individuales.

Los fragmentos B y la arena suelta cae a través del fondo perforado 1 hacia el depósito colector 5 y allí se acumula. Dependiendo del avance de la destrucción del molde de fundición 2 el fondo perforado 1 puede abrirse a este respecto de modo que también material de llenado F llega al depósito colector 5 (figura 8).

- Para la combustión óptima de los gases eliminados del molde de fundición 2 y para la regeneración de la arena para machos ya en el encerramiento las temperaturas de material de llenado F y de los gases que circulan en el espacio de llenado 10 están situados de forma óptima en cada caso claramente por encima de 700°C. Las condiciones en el reactor térmico T están diseñadas de modo que el proceso de regeneración y el tratamiento de gases de escape se desarrollan de manera autónoma independientemente de disponibilidades de instalación. Las magnitudes determinantes y ajustadas son la temperatura inicial del material de llenado F, las corrientes de gas que contienen oxígeno S1,S2 que entran hacia den entrada de gas 15 y que afluyen hacia el acceso 16 y el molde de fundición 2 mismo.
- 5
- 10 El avance de la destrucción del molde de fundición 2 y la evolución de la solidificación de la masa fundida de hierro de fundición colada en el molde de fundición 2 están adaptados unos a otros de modo que la pieza de fundición G ha solidificado suficientemente cuando se inicia la desintegración del molde de fundición 2.
- Después de que el molde de fundición 2 se haya desintegrado esencialmente por completo, el depósito colector 5 con la mezcla de material de moldeo-material de llenado contenida en el mismo se separa del fondo perforado 1 y el encerramiento 7 se retira igualmente del fondo perforado 1. Ahora puede accederse libremente a la pieza de fundición G desplazada en gran medida y puede enfriarse de manera controlada (figura 10) en un espacio 17 a modo de túnel previsto para ello. La pieza de fundición G debido al proceso tiene una temperatura elevada durante la extracción en la que la transformación de austenita todavía no ha finalizado y un enfriamiento rápido produciría tensiones propias y con ello grietas. Por este motivo la pieza de fundición G se enfría en un túnel de enfriamiento 17 lentamente de manera correspondiente a las curvas de recocido durante el recocido contra acritud. El aire de enfriamiento alimentado está dimensionado de modo que el perfil de enfriamiento se consigue de manera específica para cada producto.
- 15
- 20
- 25 La mezcla todavía caliente, contenida en el depósito colector 5 de material de llenado F, arena para machos y fragmentos B se mezcla intensivamente en un mecanismo molturador 18, que es por ejemplo un tubo giratorio y se hace reaccionar con aire de oxidación suficiente de modo que los restos de aglutinante posiblemente presentes aún combustionan con retardo. En este nivel de proceso puede separarse también el material de llenado F de arena para machos y alimentarse ambos a un enfriamiento independiente. Dicha regeneración garantiza el mantenimiento seguro de una combustión completa del sistema aglutinante y adicionalmente mediante fricción mecánica prepara la superficie de arena para machos para una buena adhesión del aglutinante para su reutilización como arena para machos.
- 30
- La arena para machos obtenida se enfría descendiendo casi a temperatura ambiente y tras la separación de fracción se alimenta a un nuevo procesamiento para formar partes o machos de molde de fundición de fundición para un molde de fundición 2 nuevo.
- 35
- En cambio el material de llenado F se enfría a la temperatura inicial T_{min} prevista y en el ciclo se llena para un nuevo llenado del espacio de llenado 10 en el depósito de reserva V.
- 40
- La cantidad del aire de combustión conducido en el espacio de llenado 10 como corriente de gas S1,S2 se regula a través de válvulas o mariposas ajustables mecánicamente con las cuales pueden regularse las secciones transversales de abertura de la entrada de gas 15 y del acceso 16. El ajuste respectivo puede averiguarse en primer lugar a través de la cantidad de aire necesaria estequiométricamente para la combustión del sistema aglutinante y después a través de mediciones de CO, NO_x y O₂ en la salida de gas de escape 19 formada en este caso mediante la abertura 14 de la tapa 13 que está moldeada en la tapa 13 y a través de la cual los gases de escape que se forman en el espacio de llenado 10 se expulsan del encerramiento 7.
- 45
- Como se desprende de la figura 16 en el espacio de llenado 10 directamente tras la colada mediante la evaporación del disolvente desde el sistema de aglutinante del molde de fundición 2 y de las otras exhalaciones del molde de fundición 2 se alcanza una elevada concentración de sustancias nocivas representada mediante la curva K_{sustancia nociva} que incluso combustionaría de manera autónoma a temperaturas ambiente. El límite Klim, a partir de cual se ha alcanzado a temperatura ambiente una concentración de sustancias nocivas que pueden combustionar está indicado en la figura 16 mediante la línea de puntos y rayas. Debido a la temperatura mínima T_{min} elevada de 500 °C, que predomina en el espacio de llenado 10 mediante el material de llenado F caliente introducido allí se inicia la combustión de los gases que llegan al espacio de llenado 10 desde el molde de fundición 2 aunque ya en una concentración claramente más baja (véase la figura 16).
- 50
- 55
- Mediante la combustión dentro del granulado en la fase 1 el granulado se calienta y su temperatura T_{material de llenado} sobrepasa tras un tiempo breve la temperatura límite T_{lim} de 700 °C, en la que sustancias orgánicas de manera conocida en caso de un contenido de oxígeno suficiente se oxidan de forma autónoma y por consiguiente combustionan. La evolución de la temperatura T_{material de llenado} está representada en la figura 16 como línea discontinua.
- 60
- 65 Esta fase ("fase 1") de combustión intensiva del aglutinante que se evapora desde el molde de fundición 2 dura hasta que la concentración K_{sustancia nociva} de los gases que llegan al espacio de llenado 10 desde el molde de

fundición 2, que pueden quemarse formados esencialmente mediante aglutinante que se evapora, disminuye tan intensamente que a temperatura ambiente ya no tendría lugar ninguna combustión.

5 Mediante la elevada temperatura de material de llenado de más de 700 ° C, como se ha descrito anteriormente, esta oxidación o combustión continúa no obstante en la fase 2 siguiente, siendo suficiente el calor que se libera a este respecto para seguir subiendo la temperatura del material de llenado 10 hasta que se haya alcanzado la temperatura máxima T_{máxima}. En esta temperatura el material de llenado 10 resiste hasta que el proceso de descomposición del molde de fundición 2 haya avanzado tanto que ya no tenga lugar ninguna desgasificación reseñable, el molde de fundición 2 se descomponga en partes pequeñas y los restos de material de moldeo caigan al contenedor 5 fallen.
10 Sin embargo, mientras que en el espacio de llenado 10 tengan lugar procesos de combustión se sigue originando a este respecto tanto calor que el material de llenado F durante un tiempo suficientemente largo permanece en un intervalo cuyo límite superior es la temperatura T_{max} y cuyo límite inferior es la temperatura T_{lim}.

15 Según la invención, por consiguiente, mediante la selección de la temperatura, con la que el material de llenado se llena en el espacio de llenado 10, se fija el momento, en el que la temperatura límite T_{lim} de 700 °C se supera, de modo que este se haya alcanzado antes de que mediante concentraciones de sustancias nocivas bajas K_{sustancia nociva} el proceso de la combustión en el espacio de llenado 10 ya no tenga lugar de manera fiable con la intensidad necesaria. A continuación el material de llenado F calentado de forma elevada asegura que la descomposición y combustión residual de los gases que se evaporan todavía desde el molde de fundición 2 tenga lugar también
20 cuando la concentración de gases combustibles presente en el espacio de llenado para este propósito visto para sí fuera demasiado reducida a temperaturas situadas por debajo de la temperatura T_{lim}.

Pudo comprobarse que con las sustancias combustibles y que se evaporan contenidas en el molde de fundición 2 hay disponible tanta energía química para una combustión que podrían alcanzarse temperaturas de material de llenado muy encima de 1 000 °C. En este caso, sin embargo el enfriamiento de la colada se dilataría tanto que serían necesarios largos tiempos de permanencia. También esto puede determinarse mediante la temperatura inicial con la que el material de llenado F se llena en el espacio de llenado 10. Igualmente puede impedirse una subida de temperatura demasiado intensa mediante un aumento de las corrientes de gas S1,S2 que actúan entonces como
25 aire de enfriamiento.

30 En la selección del material de llenado F, que por ejemplo son cuerpos de llenado cerámicos, se atiende a que los granos individuales del material de llenado F posean una elevada resistencia a la presión para absorber las fuerzas de presión en la fundición y en la circulación mantengan la pérdida por abrasión lo más reducida posible. Un criterio de selección adicional es una capacidad térmica reducida en combinación con la densidad aparente a granel del material de llenado F con el fin de obtener desde la fase 1 de la manera más rápida posible una subida de temperatura por encima de 700 °C. Mediante la oxidación en el material a granel, bajo una alimentación de aire de combustión adaptada y temperatura relativamente baja, se evita en gran medida una formación de óxido de nitrógeno.
35

40 Dado que los gases de escape que se separan según la invención calientan esencialmente incluso en la primera fase el vertido de material de llenado se produce un perfil de temperatura dentro del vertido que garantiza la combustión limpia. El aire de combustión, debido a la corriente de convección de calor que se forma en el espacio de llenado 10 sigue una dirección vertical hacia arriba y la desgasificación de las sustancias nocivas del molde de fundición 2, debido a la intensa formación de vapor en la primera fase, sigue una dirección horizontal hacia el interior
45 del paquete de material de llenado. Mediante el cruce de las corrientes de gas dentro del material de llenado F se garantiza una buena mezcla.

En la zona por encima del molde de fundición 2 las corrientes de gas están alineadas y en la zona más caliente de las guías de gas de escape en el espacio de combustión entre tapa 13 y material de llenado F pueden combustionar con retardo suficientemente antes de la salida de la salida de gas de escape 19 por encima del embudo de colada.
50

En un ejemplo de cálculo, basándose en parámetros y valores de material indicados en la tabla 1 para un proceso de acuerdo con la invención se han determinado la energía calorífica Q_a liberada mediante el enfriamiento de la masa fundida y la combustión del aglutinante así como la energía calorífica Q_b necesaria para el calentamiento del material de llenado así como el calentamiento de la arena para machos del molde de fundición.
55

A este respecto se ha partido del hecho de que como masa fundida se cuela una masa fundida de fundición de gri en un molde de fundición cuyas partes y machos de molde están fabricadas en el procedimiento de caja fría convencional a partir de material de moldeo que se compone de arena para machos convencional, es decir, de arena de cuarzo, y un aglutinante igualmente habitual en el mercado para este propósito.
60

Simplificando se ha supuesto además que el metal de fundición tras la colada emite su calor al molde de fundición y al material de llenado y que también la energía química inherente al aglutinante empleado está disponible en forma de calor de combustión completamente para calentar el material de llenado.
65

El calor de fusión H_{fus} que va a expulsarse para la solidificación de la masa fundida se calcula entonces según la

fórmula

$$H_{fus} = m_{\text{masa fundida}} \times h_{fus} \times 1/1000 \text{ MJ/kJ}$$

5 por consiguiente en el presente ejemplo resulta

$$H_{fus} = 170\text{kg} \times 96\text{kJ/kg} \times 1/1000 \text{ MJ/kJ} = 16,3\text{MJ}.$$

10 La energía calorífica Qa1 que se libera durante su enfriamiento desde la masa fundida se calcula entonces según la fórmula

$$Q_{a1} = c_p \times \Delta T \times m \times 1/1000 \text{ MJ/kJ} - H_{fus}$$

En el presente ejemplo con

$$15 \quad \Delta T = (T_1 - T_2) = (850\text{K} - 1500\text{K}) = -650\text{K} \quad \text{resulta}$$

$$Q_{a1} = 950 \text{ J/kgK} \times -650\text{K} \times 170\text{kg} \times 1/1000 \text{ MJ/kJ} - 16,3\text{MJ}$$

$$20 \quad Q_{a1} = -121\text{MJ}.$$

El cálculo correspondiente arroja la energía calorífica Qa2 que se libera mediante la combustión del aglutinante contenido en el material de moldeo según la fórmula

$$25 \quad Q_{a2} = h_i \times m_{\text{aglutinante}} \times (-1)$$

resultando

$$Q_{a2} = 30\text{MJ/kg} \times 4\text{kg} \times (-1) = -120\text{MJ}.$$

30 La suma de la energía calorífica que se libera Qa = Qa1 + Qa2 asciende entonces a -241MJ.

La energía calorífica Qb1 necesaria para el calentamiento de la arena para machos del molde de fundición de la temperatura T1 a la temperatura T2 se calcula según la fórmula

$$35 \quad Q_{b1} = c_p_{\text{arena para machos}} \times (T_2 - T_1) \times m_{\text{arena para machos}}$$

resultando

$$Q_{b1} = 835 \text{ J/kgK} \times (800\text{K} - 20\text{K}) \times 255\text{kg} = 166 \text{ [MJ]}.$$

40 Igualmente se calcula la energía calorífica Qb2 necesaria para el calentamiento de la arena para machos del molde de fundición de la temperatura T1 a la temperatura T2 según la fórmula

$$Q_{b2} = c_p_{\text{material de llenado}} \times (T_2 - T_1) \times m_{\text{material de llenado}}$$

resultando

45

$$Q_{b2} = 754 \text{ J/kgK} \times (800\text{K} - 500\text{K}) \times 125\text{kg} = 28 \text{ [MJ]} .$$

5 El consumo de calor $Q_b = Q_{b1} + Q_{b2}$ necesario para el calentamiento de la arena para machos del molde de fundición que se encuentra al inicio todavía a la temperatura ambiente de 20° y del material de llenado cargado con la temperatura T_1 de 500°C a la temperatura final T_2 de 800°C asciende entonces en total a

$$Q_b = 166 \text{ MJ} + 28\text{MJ} = 194 \text{ MJ}.$$

10 En el caso los parámetros indicados en la tabla 1, por consiguiente a consecuencia del aporte de calor mediante la masa fundida y la combustión del aglutinante que sale del molde de fundición resulta un excedente de energía de 47 MJ disponible para el calentamiento del material de llenado F y para la compensación de tolerancias y pérdidas.

15 La determinación reproducida en la tabla 1 de un balance energético alcanzable durante la colada de una masa fundida de hierro de fundición gris muestra que en el uso de materiales de moldeo fabricados sobre la base de un sistema de aglutinante convencional y empleando arena de cuarzo, igualmente convencionales está presente una capacidad excesiva de energía calorífica. Las corrientes de gas S1, S2 que contienen oxígeno alimentadas se dejan a un lado en esta consideración, dado que su influencia energéticamente es muy reducida.

20 En la tabla 2 para distintos materiales a granel que se considerarían en cuanto a su resistencia térmica fundamentalmente para el uso como material de llenado están indicadas las densidades aparentes a granel S_d , las capacidades térmicas específicas c_p y el producto $P = S_d \times c_p$. Se muestra que, por ejemplo, la granalla de acero si bien posee una capacidad térmica específica c_p claramente más reducida que un granulado cerámico del tipo mencionado al principio, sin embargo presenta una densidad aparente a granel claramente demasiado alta para garantizar la permeabilidad a los gases que se ordena según la invención del paquete de material de llenado
25 previsto en el espacio de llenado alrededor del molde de fundición.

Lista de números de referencia

	1	placa perforada
30	2	molde de fundición
	3	cavidad de molde
	4	desnivel marginal circundante
	5	depósito colector
	6	elemento de estanqueidad
35	7	encerramiento (carcasa)
	8	superficies periféricas del molde de fundición 2
	9	superficie interna del encerramiento 7
	10	espacio de llenado
	11	abertura del encerramiento
40	12	sistema de distribución
	13	tapa
	14	abertura de la tapa 13
	15	entrada de gas
	16	acceso
45	17	túnel de enfriamiento
	18	mecanismo molturador
	19	salida de gas de escape
	B	fragmentos
50	F	material de llenado
	G	pieza de fundición
	S1, S2	corrientes de gas que contienen oxígeno
	T	reactor térmico
	U	entorno
55	V	depósito de reserva

Tabla 1

Valor de material / Parámetro		Material de llenado granulado cerámico	Arena para machos arena de cuarzo	Metal de fundición Fundición gris	Aglutinante Aglutinante de caja fría	Unidad
Entalpía de fusión	h _{fus}			96		kJ/kg
Capacidad térmica a 800 °C	cp	754	835	950		J/kg/K
Valor de calentamiento	hi				30	MJ/kg
Masa	m	125	255	170	4	kg
Temperatura de entrada	T1	500	20	1500		°C
Temperatura de salida	T2	800	800	850		°C

Tabla 2

Material de llenado	Densidad aparente a granel S _d [kg/dm ³]	capacidad térmica específica cp [J/kgK]	P = S _d x cp
Cerámica	0,61	754	460
Granalla de acero	4,20	470	1974
Arena de cuarzo	1,40	835	1169

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fundir piezas de fundición (G), en el que una masa fundida de metal se cuela en un molde de fundición que rodea una cavidad (3) que reproduce la pieza de fundición que va a crearse, en donde el molde de fundición (2), como molde perdido, consta de una o varias partes o machos de molde de fundición, que están moldeados a partir de un material de moldeo, que se compone de una arena para machos, un aglutinante y opcionalmente uno o varios aditivos para regular determinadas propiedades del material de moldeo, que comprende las siguientes etapas de procedimiento:
- 5
- 10 - facilitar el molde de fundición (2);
 - encerrar el molde de fundición (2) en una carcasa (7) configurando un espacio de llenado (10) entre al menos una sección de superficie interna (9) de la carcasa (7) y una sección de superficie externa (8) asociada del molde de fundición (2);
- 15 - llenar el espacio de llenado (10) con un material de llenado (F) no aglomerado;
 - colar la masa fundida de metal en el molde de fundición (2),
- en donde el molde de fundición (2) como resultado de la colada de la masa fundida de metal comienza a irradiar calor, siendo la consecuencia del aporte de calor provocado por la masa fundida de metal caliente, y
- 20 - en donde a consecuencia del aporte de calor provocado por la masa fundida de metal, el aglutinante del material de moldeo comienza a evaporarse y a combustionar, de modo que pierde su efecto y el molde de fundición (2) se desintegra en fragmentos (B),
- caracterizado por que**
 el material de llenado (F) llenado en el espacio de llenado (10) posee una densidad aparente a granel tan reducida, que el paquete de material de llenado, formado después del llenado del espacio de llenado (10), puede ser recorrido desde el material de llenado (F) por una corriente de gas (S1, S2), y **por que** el material de llenado (F) presenta durante el llenado del espacio de llenado (10) una temperatura mínima (Tmin) de al menos 500 °C, partiendo de la cual la temperatura del material de llenado (F), mediante calor de proceso que se forma por el calor emitido por el molde de fundición (2) y por el calor que se libera en la combustión del aglutinante, sube hasta por encima de una temperatura límite (Tlim) en la que el aglutinante que se evapora desde el molde de fundición (2), que entra en contacto con el material de llenado (F), se enciende e inicia su combustión.
- 25
- 30
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el producto P de densidad aparente a granel Sd y capacidad térmica específica cp asciende como máximo a 1 kJ/dm³K.
- 35
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la densidad aparente a granel Sd asciende como máximo a 4 kg/dm³.
- 40
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de llenado (F) posee una capacidad térmica específica cp de como máximo 1 kJ/kgK.
- 45
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material de llenado (F) está formado de granos de granulado con un diámetro medio de 1,5 - 100 mm.
- 50
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la temperatura límite (Tlim) asciende a 700 °C.
- 55
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el encerramiento tiene una entrada de gas (15) y una salida de gas de escape (19) y por que por el material de llenado (F) contenido en el espacio de llenado (10) circula, al menos por momentos y por secciones, una corriente de gas (S1, S2) que contiene oxígeno.
- 60
8. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** la corriente de gas (S1, S2) está calentada a una temperatura situada por encima de la temperatura ambiente.
- 65
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado por que** la corriente de gas (S1, S2) se regula dependiendo del flujo volumétrico de gas de escape que sale de la salida de gas de escape (19).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado por que** en la salida de gas de escape (19) se lleva a cabo una medición de gas de escape y por que la corriente de gas (S1,S2) se regula dependiendo del resultado de esta medición.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado por que** una corriente parcial de los gases de combustión que salen de la salida de gas de escape (19) se mezcla con la corriente de gas que contiene oxígeno (S1, S2) y la mezcla obtenida se conduce a la carcasa (7).

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la carcasa (7) está equipada con un equipo de catalizador para la descomposición de sustancias nocivas contenidas en los productos de combustión del aglutinante.
- 5 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se coloca el molde de fundición (2) sobre un fondo perforado (1), y por que los fragmentos (B) del molde de fundición (2) y el material de llenado (F) caen lentamente a través del fondo perforado (1), se recogen y se preparan conjuntamente y tras la preparación se separan unos de otros.
- 10 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la pieza de fundición (G) tras la desintegración del molde de fundición (2) pasa por un tratamiento de calor en el que se enfría de manera controlada conforme a una curva de enfriamiento determinada.

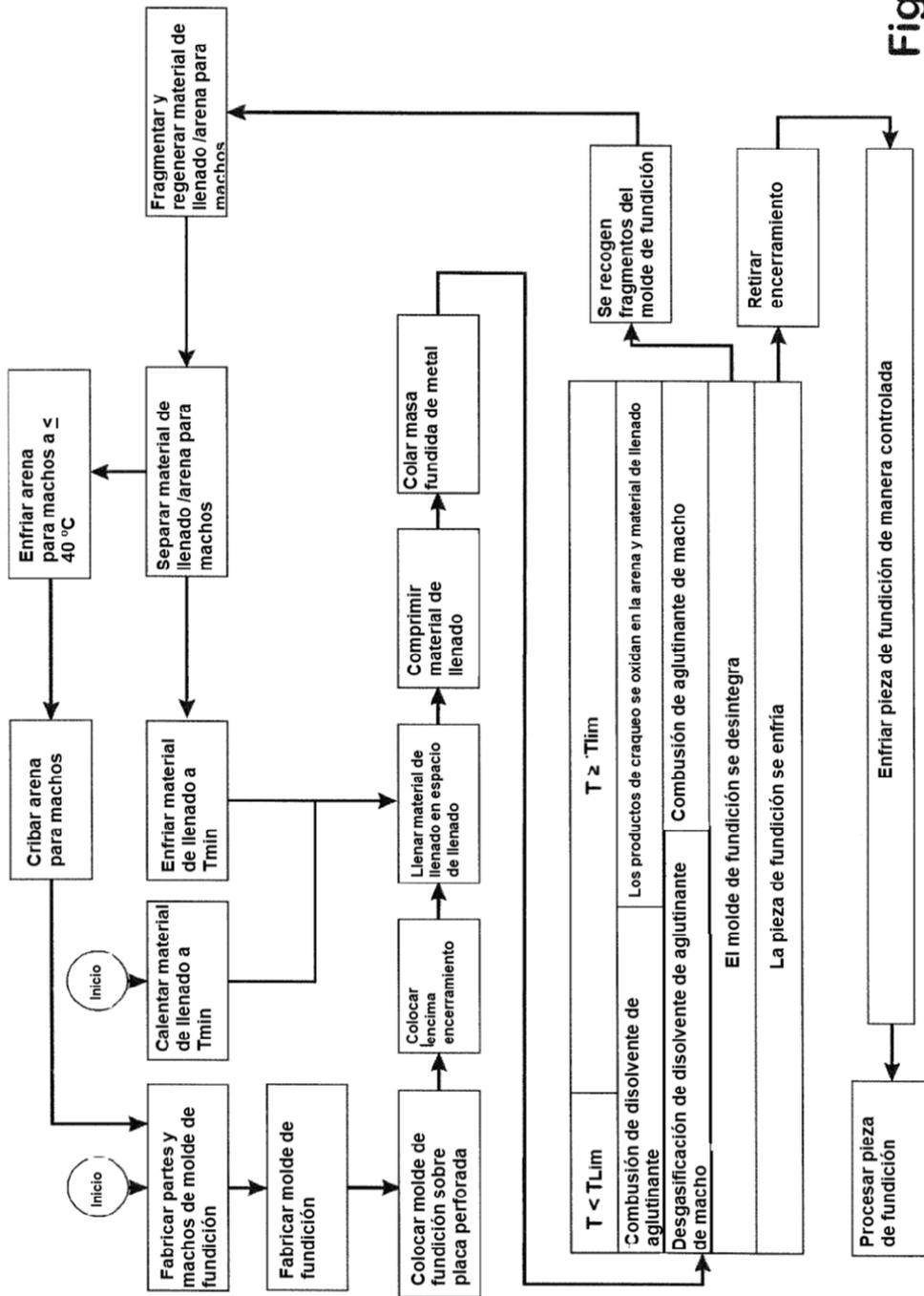


Fig. 1

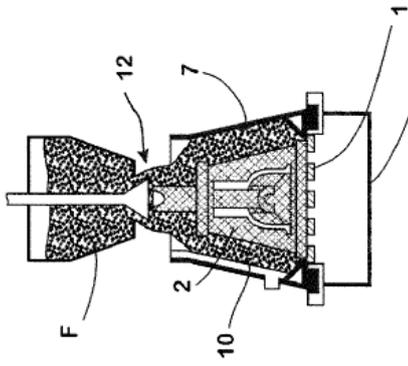


Fig. 4

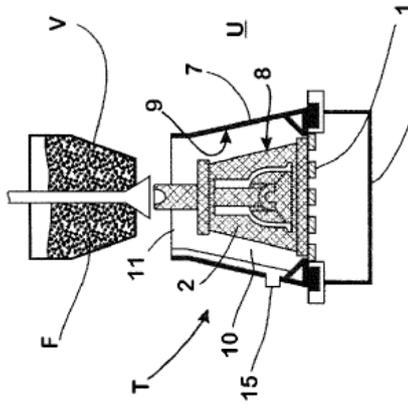


Fig. 3

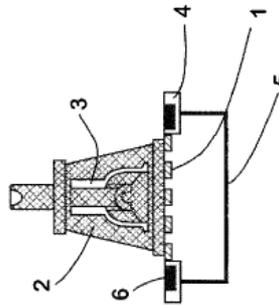


Fig. 2

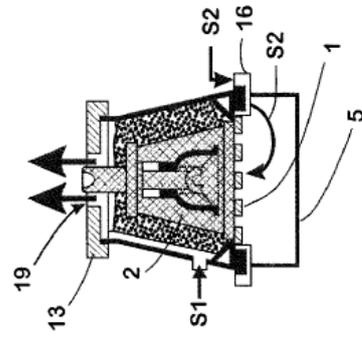


Fig. 7

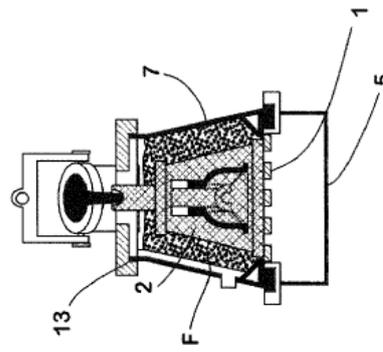


Fig. 6

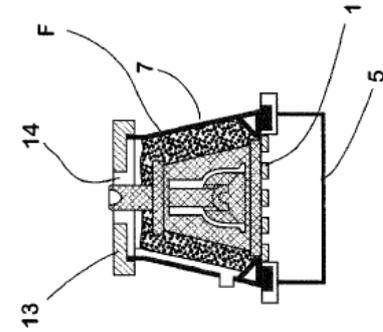
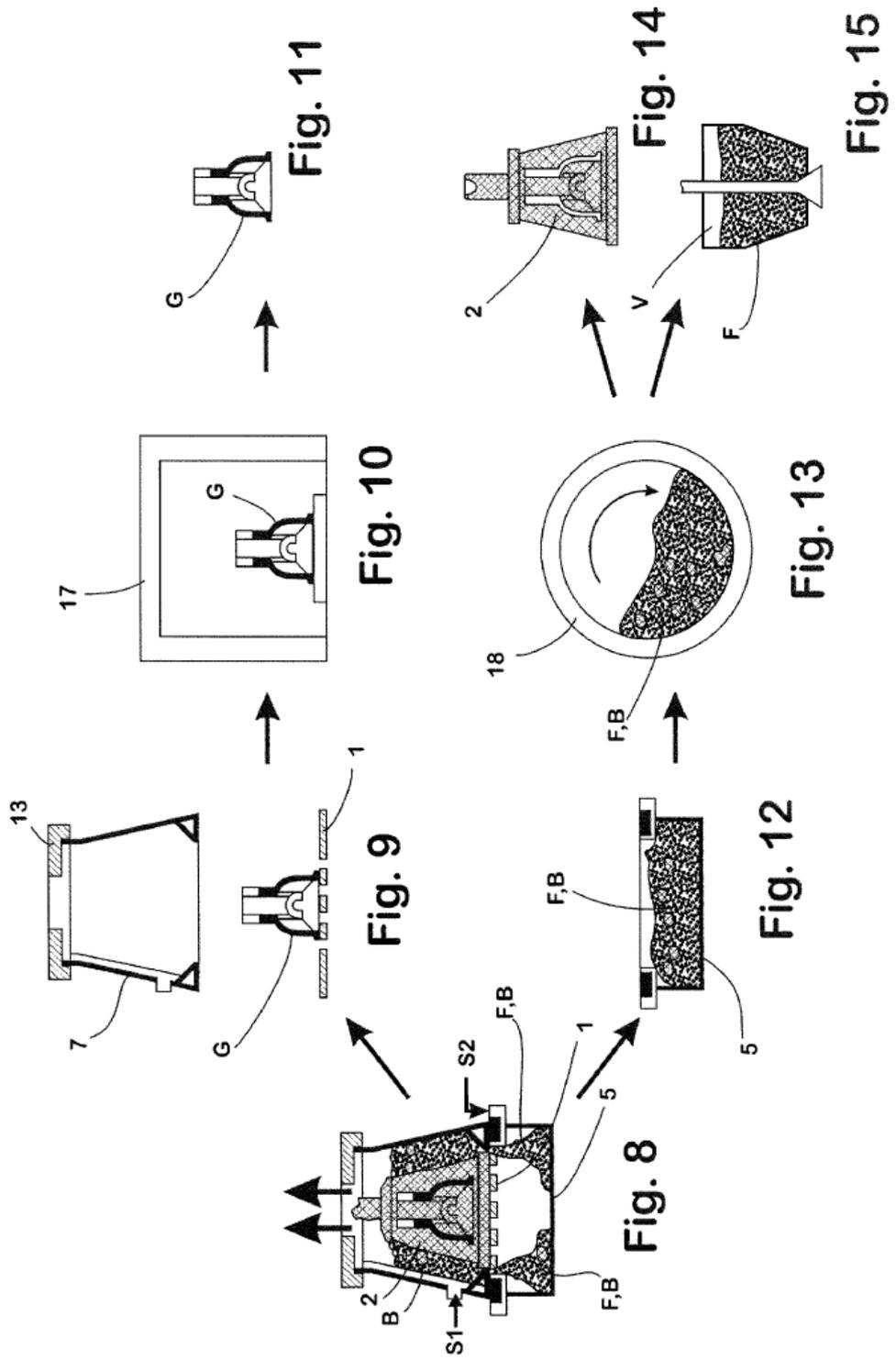


Fig. 5



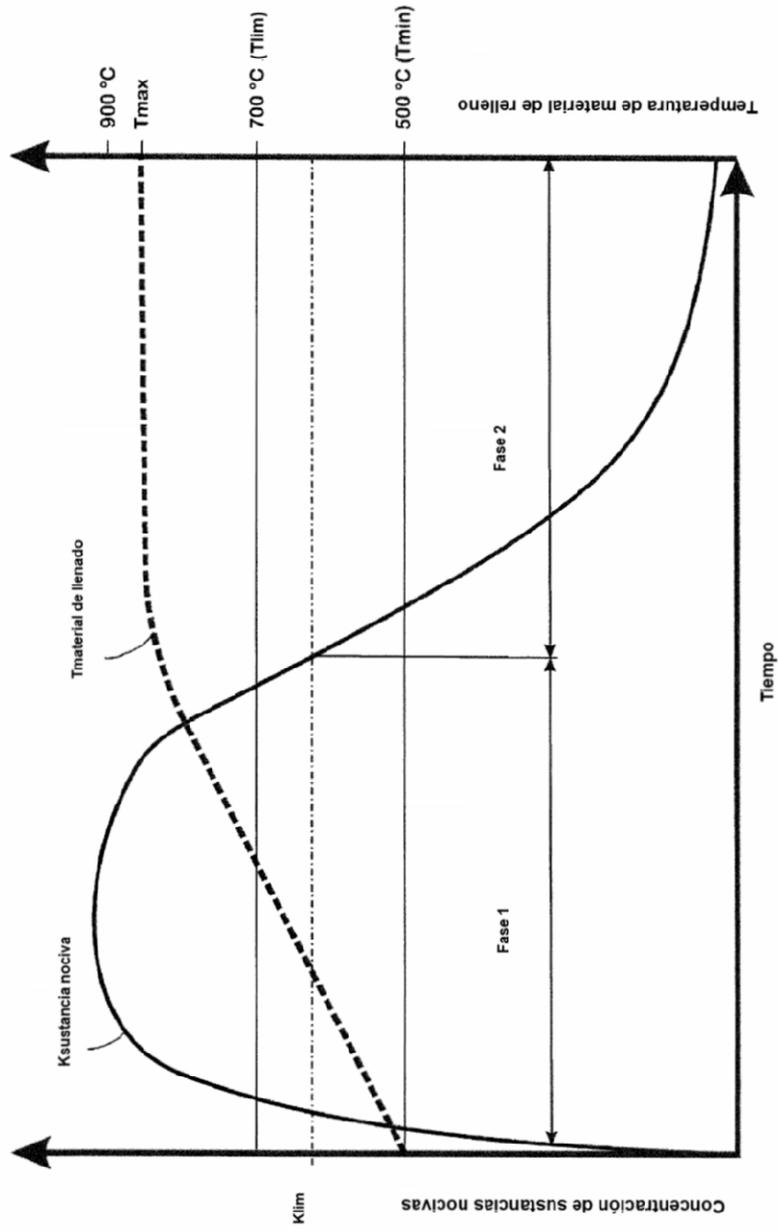


Fig. 16