(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 790 659**

(51) Int. Cl.:

***G01N 3/08*** (2006.01)
***G01N 1/04*** (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2012** **E 12382155 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020** **EP 2657677**

(54) Título: **Método y dispositivo para obtener y probar propiedades de molde de fundición en arena**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
**28.10.2020**

(73) Titular/es:

**CASA MARISTAS AZTERLAN (100.0%)**
**Aliendalde Auzunea, nº 6**
**48200 Durango, Bizkaia, ES**

(72) Inventor/es:

**IZAGA, JULIAN**

(74) Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 790 659 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

Método y dispositivo para obtener y probar propiedades de molde de fundición en arena

### Campo técnico de la invención

La presente invención se engloba en el campo técnico de los métodos y equipos de prueba utilizados para evaluar las propiedades mecánicas en moldes utilizados para moldear metales fundidos y, particularmente, moldes de arena no permanentes, es decir, diferentes tipos de moldes que solo se utilizan para una única fundición.

### Antecedentes de la invención

La producción de piezas fundidas mediante "molde no permanente", es decir, diferentes tipos de moldes de arena que solo se utilizan para fundir un metal, tal como materiales basados en hierro, acero, bronce, aluminio, etc., por ejemplo, requiere la puesta en marcha de cuatro operaciones básicas: preparación del metal líquido, preparación del molde, fundición y acabado de la pieza.

En la preparación del metal líquido, las materias primas se calientan juntas hasta alcanzar el estado líquido. La naturaleza metalúrgica se ajusta en estas condiciones.

La fundición se realiza de acuerdo con las particularidades de la pieza a producir y los parámetros tecnológicos más adecuados (temperatura de fundición, tiempo de fundición, método de enfriamiento, etc.) se definen.

Por último, es necesario separar el sistema de fundición y alimentación de la pieza al acabar la pieza que se realiza después de enfriar el molde. Luego se limpia la pieza y se realiza su inspección final.

En la producción de piezas metálicas, la tecnología de fundición está determinada por tres claves que tienen una implicación y un significado diferentes, en concreto:

- Diseño de herramientas de moldeo (Ingeniería de diseño). Conceptos del sistema de llenado y alimentación, además de parámetros tecnológicos.
- Características del metal líquido (Metalurgia aplicada). La calidad metalúrgica del metal líquido está determinada por la composición química, el uso de acondicionadores y la metodología aplicada en la preparación del metal líquido.
- Propiedades del molde (Calidad del molde).

El molde se prepara utilizando herramientas de moldeo. Los moldes correspondientes se preparan utilizando para ese fin compuestos de moldeo de diferentes naturalezas. Los moldes de arena se producen a partir de mezclas de moldeo que comprenden una base de arena (sílice, arena sintética, cromita, olivino, etc.), resinas y se incorporan catalizadores (agentes endurecedores). Esta mezcla se denomina habitualmente "compuesto de moldeo". El compuesto de moldeo adquiere su forma mediante el uso de las herramientas de moldeo correspondientes a la pieza que se va a producir. Los moldes se forman mediante compactación, es decir, apisonar el compuesto de moldeo, y después curar. Las características del molde están determinadas por varios factores, aunque el sistema de unión y el grado de compactación (= apisonamiento) son los factores determinantes.

Sistemas de control completamente rudimentarios y sistemas de interpretación subjetiva, como "medir" las propiedades de un molde, por ejemplo, evaluando la dificultad de introducir un clavo en el molde, se han utilizado habitualmente para determinar las propiedades mecánicas de los moldes de arena.

Se han ideado diversos sistemas y dispositivos de muestreo y prueba con el fin de mejorar el control de las propiedades mecánicas con respecto a estos sistemas rudimentarios.

En este sentido, la solicitud de patente US2004104151 describe un dispositivo para tomar muestras y probar arena de moldeo que extrae la muestra de la mezcla de arena a una altura dada en un lado de la amasadora. La muestra se extrae mediante un tornillo sin fin. Para evitar la aglomeración de la muestra, el dispositivo tiene varias varillas con las que contacta la muestra en su camino hacia el molde donde la muestra se compacta para llevar a cabo las correspondientes pruebas en la misma. A su vez, el molde tiene medios que permiten conocer las características de compatibilidad de la muestra y ayudan a tomar decisiones con respecto a la mezcla que se está amasando. Por otra parte, la patente US5609198 describe un dispositivo para probar diversas variables de interés en la fabricación de moldes. El dispositivo tiene medios para alimentar la muestra en un molde, pesarla y compactarla para luego realizar diversas pruebas que faciliten información sobre las propiedades mecánicas, la permeabilidad de una mezcla con la que se vaya a fabricar un molde. Con los resultados obtenidos se pueden tomar decisiones con respecto a la mezcla con la que se va a formar el molde. Por último, la patente US3638478 describe un muestreo automático, la preparación y la prueba de una muestra de arena de moldeo extraída de la amasadora o del mezclador. Los resultados producidos por las pruebas en términos de contenido de humedad, compatibilidad, permeabilidad y resistencia mecánica se utilizan para tomar decisiones con respecto a la mezcla de arena que se utilizará para la

producción del molde.

Por otra parte, la patente US4616508 desvela un método y un aparato para producir una pieza de prueba de compuesto de moldeo útil al medir las propiedades del compuesto de moldeo del que está hecha la pieza de prueba.

Aunque estos sistemas y dispositivos para controlar las propiedades mecánicas implican una mejora con respecto a los métodos "rudimentarios" utilizados anteriormente en la técnica, su aplicación en arenas aglomeradas por medio de sistemas químicos no es posible, y menos aún en la medición de las propiedades de los propios moldes.

**Descripción de la invención**

El objetivo de la presente invención es superar los inconvenientes del estado de la técnica detallado anteriormente mediante un método y un equipo de prueba para evaluar las propiedades mecánicas en moldes de arena.

El método de acuerdo con la presente invención es un proceso para evaluar las propiedades mecánicas de moldes de arena que comprende: extraer al menos una muestra de una parte de un molde de arena sin curar hecha de una composición predeterminada que comprende un compuesto de moldeo que incluye un sistema de unión para obtener un pieza de prueba real extraída; curar la pieza de prueba real extraída durante un tiempo de curado predeterminado para obtener una pieza de prueba real curada; acondicionar la pieza de prueba real curada a dimensiones predeterminadas que incluyen una altura predeterminada y un diámetro predeterminado para obtener una pieza de prueba real acondicionada; someter la pieza de prueba real acondicionada a una prueba de resistencia a la rotura mecánica en condiciones de presión y temperatura predeterminadas para obtener valores de resistencia mecánica reales; comparar los valores de resistencia mecánica reales con valores de resistencia mecánica de referencia correspondientes a al menos una pieza de prueba de referencia acondicionada que también tenga sustancialmente dichas dimensiones predeterminadas, evaluando así las propiedades mecánicas de la pieza de prueba real acondicionada, en donde dichos valores de resistencia mecánica de referencia se obtienen de la siguiente manera:compactando, aplicando condiciones de compactación predeterminadas, una composición de referencia que comprende sustancialmente el mismo compuesto de moldeo y sustancialmente el mismo sistema de unión que el molde de arena sin curar para obtener una pieza de prueba de referencia compactada;curando la pieza de prueba de referencia compactada durante un tiempo de curado de referencia para obtener una pieza de prueba de referencia curada;acondicionando la pieza de prueba de referencia curada a dichas dimensiones predeterminadas para obtener una pieza de prueba de referencia acondicionada; y sometiendo la pieza de prueba de referencia acondicionada a una prueba de resistencia a la rotura mecánica en dichas condiciones de presión y temperatura predeterminadas para obtener los valores de resistencia mecánica de referencia.

El diámetro predeterminado puede ser, por ejemplo, 50±5 mm y la altura predeterminada puede ser, por ejemplo, 50±5 mm, aunque también se pueden usar otras dimensiones. Un diámetro aproximado de 50 mm y una altura predeterminada de aproximadamente 50 mm se consideran muy adecuados para el propósito de la presente invención.

Por otra parte, el equipo de acuerdo con la presente invención está concebido para evaluar las propiedades mecánicas de los moldes de arena utilizando el método de acuerdo con la invención y comprende
al menos un dispositivo de trepanado diseñado para extraer la muestra real de una parte del molde de arena y obtener la pieza de prueba real extraída; al menos un dispositivo de calibración para acondicionar al menos la pieza de prueba real curada a las dimensiones predeterminadas eliminando partes de la pieza de prueba real curada que excedan las dimensiones predeterminadas;
al menos un dispositivo de prueba de resistencia mecánica que comprende medios de carga para someter al menos la pieza de prueba real acondicionada a la prueba de resistencia a la rotura mecánica, medios de detección para detectar la rotura de la pieza de prueba real acondicionada sometida a la prueba de resistencia mecánica;
medios de recogida para recoger los valores de resistencia mecánica reales que incluyen al menos un valor correspondiente a un valor de rotura de la pieza de prueba real acondicionada.

Los valores de fuerza de referencia, particularmente la resistencia a la rotura de las piezas de prueba de referencia acondicionadas, constituyen un valor de referencia correspondiente a la resistencia máxima del compuesto de moldeo que se va a evaluar. Sin embargo, esta resistencia máxima no se obtiene necesariamente en moldes de arena reales todo el tiempo debido a, por ejemplo, su diseño particular. Por lo tanto, la comparación de los valores de resistencia mecánica de las piezas de ensayo reales acondicionadas que se realiza de acuerdo con el método de la presente invención permite determinar si el valor de resistencia mecánica máximo inherente a un compuesto de moldeo también se traduce en resistencia mecánica en el molde real. Por lo tanto, la comparación de estos valores de resistencia mecánica permite descubrir aspectos débiles y/o mejorables en moldes de arena reales mediante un método que puede ser estandarizado y está libre de interpretaciones subjetivas.

La pieza de prueba de referencia acondicionada se ha obtenido mediante una primera etapa en la que la composición de referencia se compacta en las condiciones de compactación predeterminadas para obtener la pieza de prueba de referencia compactada; una segunda etapa en la que la pieza de prueba de referencia compactada se somete a curado durante un tiempo de curado de referencia para obtener la pieza de prueba de referencia curada; y

una tercera etapa en la que la pieza de prueba de referencia curada está sustancialmente acondicionada a las dimensiones predeterminadas para obtener la pieza de prueba de referencia acondicionada.

El tiempo de curado predeterminado al que se ha sometido la pieza de prueba real extraída tiene preferentemente una duración sustancialmente igual al tiempo de curado de referencia al que se ha sometido la composición de referencia compactada. La composición predeterminada de la pieza de prueba real extraída es también preferentemente la misma composición que la composición de referencia. El tiempo de curado elegido depende básicamente del tiempo requerido por el sistema de unión utilizado (furánico, uretano fenólico (autoendurecimiento), fenólico alcalino, etc.). Se pueden usar 24 horas como referencia para el tiempo de curado de referencia y predeterminado, ya que se usa frecuentemente como tiempo de curado para moldes de esta naturaleza.

La prueba de resistencia a la rotura mecánica a la que se someten la pieza de prueba de referencia acondicionada y la pieza de prueba real acondicionada se puede seleccionar, por ejemplo, a partir de pruebas de compresión, pruebas de flexión, pruebas de tracción y combinaciones de las mismas. El dispositivo de prueba debe ser capaz de implementar la fuerza de rotura y al mismo tiempo medir la máxima fuerza aplicada. La resistencia a la rotura mecánica de la pieza de prueba real o de referencia acondicionada se puede expresar en términos de fuerza total (kg) o la fuerza por unidad de superficie son ($kg/cm^2$).

Preferentemente y para los fines de la naturaleza representativa de la evaluación, las muestras se extraen de aquellas partes del molde que son más interesantes o críticas. La decisión en cuanto al área del molde a probar depende del tipo de pieza, su criticidad, etc. y se elige al azar, aunque se propone que las áreas de máximo interés para caracterizar las propiedades del molde mediante el método de evaluación de acuerdo con la presente invención se definan a partir del propio diseño (ingeniería de diseño). La comparación entre los valores de resistencia a la rotura mecánica medidos en las piezas de prueba de referencia acondicionadas y en las piezas de prueba reales acondicionadas permite evaluar el potencial de un compuesto de moldeo y definir oportunidades de mejora, tales como estrategias de optimización o reducción de costes.

La pieza de prueba real extraída se extrae preferentemente del molde de arena utilizando un dispositivo de trepanado dimensionado para obtener la pieza de prueba real extraída con una altura mayor que la altura predeterminada de la pieza de prueba real acondicionada, y la pieza de prueba real curada se ajusta a la altura predeterminada para obtener la pieza de prueba real acondicionada. La altura predeterminada de la pieza de prueba real curada se puede ajustar utilizando un dispositivo de calibración. La altura de la pieza de prueba de referencia curada se puede ajustar a la altura predeterminada utilizando este u otro dispositivo de calibración.

De acuerdo con la invención, la composición de referencia se puede compactar en un dispositivo de compactación usando un número predeterminado de golpes de compactación (por ejemplo, 3 golpes) y a una intensidad de apisonamiento predeterminada.

Para que la evaluación de las propiedades mecánicas sea más fiable, se puede extraer una pluralidad de muestras de diferentes partes del molde de arena, de modo que se obtenga una pluralidad de piezas de prueba reales extraídas. Una vez curadas y acondicionadas, las piezas de prueba acondicionadas se pueden comparar en términos de sus respectivos valores de resistencia reales y/o en términos de la media de sus respectivos valores de resistencia reales con los valores de resistencia de referencia de una o más piezas de prueba de referencia acondicionadas.

En una realización del equipo de acuerdo con la invención, el dispositivo de trepanado comprende un cuerpo giratorio cilíndrico que comprende una cavidad interior y un borde dentado que rodea una base abierta de la cavidad interior. La cavidad interior tiene una altura mayor que la altura predeterminada y un diámetro sustancialmente igual al diámetro predeterminado establecido en las dimensiones predeterminadas. El cuerpo giratorio cilíndrico está conectado a un dispositivo de accionamiento, tal como un motorreductor eléctrico, por ejemplo, para conferir movimiento rotacional al cuerpo giratorio cilíndrico.

El dispositivo de calibración puede comprender una cámara cilíndrica situada en un cuerpo recipiente con bases opuestas abiertas. La cámara cilíndrica tiene un diámetro y una altura correspondientes al diámetro predeterminado y a la altura predeterminada establecidos en las dimensiones predeterminadas, respectivamente. Un dispositivo de eliminación, tal como una o varias cuchillas o sierras, por ejemplo, que se utilizan para nivelar la pieza de prueba con las bases abiertas superior e inferior de la cámara cilíndrica, se proporciona para eliminar el material de la pieza de prueba que sobresale de las bases abiertas de la cámara cilíndrica.

El equipo puede comprender además un dispositivo de compactación para compactar la composición de referencia, que comprende un espacio cilíndrico interior situado en un cuerpo de guía entre una base cerrada inferior y una base abierta superior y que tiene un diámetro sustancialmente igual al diámetro predeterminado y una altura mayor que la altura predeterminada establecidos en las dimensiones predeterminadas, así como un pistón de empuje que puede moverse axialmente en el espacio interior hacia dicha base cerrada para compactar la composición de referencia cuando está alojada en el espacio interior. Medios de accionamiento, tal como un accionador hidráulico o neumático, o un dispositivo de tornillo conectado al pistón de empuje, por ejemplo, se proporcionan para conferir una fuerza de

empuje axial predeterminada al pistón de empuje con el fin de poder someter la composición de referencia a al menos un golpe de compactación.

Como se puede deducir de lo anterior, la presente invención permite comparar los resultados de pruebas de resistencia mecánica reales correspondientes a una o más muestras procedentes de un molde real con las pruebas de resistencia mecánica de referencia realizadas con muestras de referencia hechas de un compuesto de moldeo que tiene una composición igual o similar a la del molde de la misma masa y dimensiones, en moldes con idénticas características. Esto permite comparar los valores de resistencia mecánica reales tanto con los valores de resistencia mecánica obtenidos mediante la prueba de las piezas de prueba de referencia acondicionadas que se han preparado *in situ* y/o al mismo tiempo, como con valores de resistencia mecánica recogidos en una base de datos basada en las piezas de prueba de referencia acondicionadas anteriormente y/o en otro/s lugar/es.

Lo anterior acarrea ventajas prácticas tales como poder establecer la resistencia a la rotura de moldes de arena preparados con diferentes compuestos de moldeo, estableciendo al mismo tiempo el potencial de un sistema de moldeo dado, actuar sobre el propio proceso optimizando las propiedades del molde de arena o reduciendo los costes de producción basándose en los resultados de la evaluación, y mejorar la estabilidad del molde y optimizar así la calidad de las piezas fundidas.

**Breve descripción de los dibujos**

Los aspectos y realizaciones de la invención se describen a continuación basados en varios dibujos esquemáticos, en los que

la Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una realización del método de acuerdo con la presente invención;
la Figura 2 es una vista transversal lateral de una realización del dispositivo de trepanado que forma parte del equipo de acuerdo con la invención;
la Figura 3 es una vista en planta inferior del dispositivo de trepanado que se muestra en la Figura 2;
la Figura 4 es una vista transversal lateral de una realización del dispositivo de calibración que forma parte del equipo de acuerdo con la invención, que contiene una pieza de prueba real o de referencia curada;
la Figura 5 es una vista transversal lateral del dispositivo de calibración que se muestra en la Figura 4 después de que la pieza de prueba curada se haya acondicionado a una altura predeterminada para obtener la pieza de prueba acondicionada;
la Figura 6 es una sección transversal a través de la línea A-A mostrada en la Figura 5;
la Figura 7 es una vista transversal lateral de una realización del dispositivo de compactación que forma parte de una realización del equipo de acuerdo con la invención;
la Figura 8 es una vista transversal lateral de una realización del dispositivo de prueba que forma parte de una realización del equipo de acuerdo con la invención.

Los siguientes elementos están identificados mediante números de referencia en estos dibujos

| | |
|---|---|
| 1 | molde de arena |
| 1’ | parte de molde |
| 1a | pieza de prueba real extraída |
| 1b | pieza de prueba real curada |
| 1c | pieza de prueba real acondicionada |
| 2 | composición de referencia |
| 2a | pieza de prueba de referencia compactada |
| 2b | pieza de prueba de referencia curada |
| 2c | pieza de prueba de referencia acondicionada |
| 3 | dispositivo de trepanado |
| 3a | cuerpo giratorio cilíndrico |
| 3b | cavidad interior |
| 3c | borde dentado |
| 3d | base abierta |
| 3e | dispositivo de accionamiento |
| 4 | dispositivo de calibración |
| 4a | cámara cilíndrica |
| 4b | cuerpo recipiente |
| 4c | bases abiertas |
| 4d, 4e | dispositivo de eliminación |
| 5 | dispositivo de compactación |
| 5a | cuerpo de guía |
| 5b | espacio interior |
| 5c | base cerrada inferior |
| 5d | base abierta superior |

| | |
|---|---|
| 5e | pistón de empuje |
| 5f | medios de accionamiento |
| 5g | fluido hidráulico |
| 6 | dispositivo de prueba de resistencia mecánica |
| 6a, 6b | medios de carga |
| 6c | banco de trabajo |
| 7 | medios de recogida |
| 8 | medios de detección |
| A | etapa de extracción de muestra |
| B | etapa de curado |
| C | etapa de acondicionamiento |
| $C_{Comp}$ | condiciones de compactación predeterminadas |
| $C_{P,T}$ | condiciones de presión y temperatura predeterminadas |
| d | dimensiones predeterminadas |
| D | etapa de prueba de resistencia mecánica real |
| E | etapa de evaluación |
| F | primera etapa |
| G | segunda etapa |
| H | tercera etapa |
| I | cuarta etapa |
| $t_1$ | tiempo de curado predeterminado |
| $t_2$ | tiempo de curado de referencia |
| $V_{Real}$ | valores de resistencia mecánica reales |
| $V_{Ref}$ | valores de resistencia mecánica de referencia |

**Realizaciones de la invención**

La realización del método para evaluar las propiedades mecánicas en moldes de arena mostrado en la Figura 1 comprende una etapa de extracción para extraer una muestra de una parte de un molde de arena no curado -1- para obtener así una pieza de prueba real extraída -1a-. La extracción se realiza utilizando un dispositivo de trepanado -3- dimensionado para obtener la pieza de prueba real extraída -1a- con una altura mayor que la altura predeterminada de la pieza de prueba real acondicionada, y la pieza de prueba real curada -1b- se ajusta a la altura predeterminada para obtener la pieza de prueba real acondicionada -1c-. A continuación se describirá una realización del dispositivo de trepanado -3- con referencia a las Figuras 2 y 3. El diámetro predeterminado puede ser de 50±5 mm, por ejemplo, y la altura predeterminada puede ser de 50±5 mm, por ejemplo.

La pieza de prueba real extraída -1a- se somete a una etapa de curado -B- en la que la pieza de prueba real extraída -1a- se somete a curado durante un tiempo de curado predeterminado -$t_1$- para obtener una pieza de prueba real curada -1b-, seguida de una etapa de acondicionamiento -C- en la que la pieza de prueba real curada -1b- se acondiciona a dimensiones predeterminadas -d- que incluyen una altura predeterminada y un diámetro predeterminado para obtener una pieza de prueba real acondicionada -1c-.

Después se realiza una etapa de prueba de resistencia mecánica real -D- sometiendo la pieza de prueba real acondicionada -1c- a una prueba de resistencia a la rotura mecánica en las condiciones de presión y temperatura predeterminadas -$C_{P,T}$-.

Los valores de resistencia mecánica reales -$V_{Real}$- resultantes de la prueba de resistencia mecánica de la pieza de prueba real acondicionada -1c- se recogen y se comparan en una etapa de evaluación posterior -E- con los valores de resistencia mecánica de referencia -$V_{Ref}$- correspondientes a al menos una pieza de prueba de referencia acondicionada -2c-.

La pieza de prueba de referencia acondicionada -2c- se obtiene por medio de una primera etapa -F- en la que una composición de referencia -2- se compacta en condiciones de compactación predeterminadas -$C_{Comp}$- para obtener una pieza de prueba de referencia compactada -2a-. La composición predeterminada de la pieza de prueba real extraída -1- es la misma composición que la composición de referencia -2a-. La composición de referencia -2a- se puede compactar usando un dispositivo de compactación -5- usando un número predeterminado de golpes de compactación y a una intensidad de apisonamiento predeterminada.

En una segunda etapa -G- la pieza de prueba de referencia compactada -2a- se somete a curado durante un tiempo de curado de referencia -$t_2$- para obtener la pieza de prueba de referencia curada -2b-.
El tiempo de curado predeterminado -$t_1$- al que se ha sometido la pieza de prueba real extraída -1a- tiene una duración sustancialmente igual al tiempo de curado de referencia -$t_2$- al que se ha sometido la composición de referencia compactada -2-.

En una tercera etapa -H- la pieza de prueba de referencia curada -2b- se acondiciona sustancialmente a las dimensiones predeterminadas -d- para obtener la pieza de prueba de referencia acondicionada -2c-.

Los valores de resistencia mecánica de referencia -$V_{Ref}$- de la pieza de prueba de referencia acondicionada -1c- se obtienen entonces en una cuarta etapa -I- por medio de una prueba de resistencia a la rotura mecánica de referencia realizada en las mismas condiciones de presión y temperatura -$C_{P,T}$- que la prueba de resistencia real a la que se somete la pieza de prueba real acondicionada -1c-. Los valores de resistencia mecánica de referencia -$V_{Ref}$- también se recogen, por ejemplo, en una carpeta de una base de datos. Las pruebas de resistencia a la rotura mecánica a las que se someten la pieza de prueba de referencia acondicionada -2c- y la pieza de prueba real acondicionada -1c- pueden seleccionarse de entre pruebas de compactación, pruebas de flexión, pruebas de tracción y combinaciones de las mismas.

La altura predeterminada de la pieza de prueba real curada -1b- se puede ajustar utilizando un dispositivo de calibración -4-. La altura de la pieza de prueba de referencia curada -2b- se puede ajustar a la altura predeterminada utilizando este u otro dispositivo de calibración -4-. A continuación se describirá una realización de un dispositivo de calibración -4- con referencia a las Figuras 4 a 6.

En la realización mostrada en las Figuras 2 a 8, el equipo de acuerdo con la presente invención concebido para evaluar las propiedades mecánicas de los moldes de arena utilizando el método de acuerdo con la invención comprende un dispositivo de trepanado -3- diseñado para extraer la muestra real de una parte -1'- del molde de arena -1- y obtener la pieza de prueba real extraída -1a-, un dispositivo de calibración -4- para acondicionar al menos la pieza de prueba real curada -1b- a las dimensiones predeterminadas -d- eliminando partes de la pieza de prueba real curada -1b- que excedan las dimensiones predeterminadas -d-, un dispositivo de prueba de resistencia mecánica -6- que comprende medios de carga -6a, 6b- para someter al menos la pieza de prueba real acondicionada -1c- a la prueba de resistencia a la rotura mecánica, medios de detección -8- para detectar la rotura de la pieza de prueba real acondicionada -1c- sometida a la prueba de resistencia mecánica, dispositivo de compactación -5- para compactar la composición de referencia -2a-, así como medios de recogida -7- (ver Figura 1) para recoger los valores de resistencia mecánica reales -$V_{Real}$- que incluyen al menos un valor correspondiente a un valor de rotura de la pieza de prueba real acondicionada -1c-.

En la realización que se muestra en las Figuras 2 y 3, el dispositivo de trepanado -3-comprende un cuerpo giratorio cilíndrico -3a- que comprende una cavidad interior -3b- y un borde dentado -3c- que rodea una base abierta -3d- de la cavidad interior-3b-. La cavidad interior -3b- tiene una altura mayor que la altura predeterminada y un diámetro sustancialmente igual al diámetro predeterminado establecidos en las dimensiones predeterminadas -d-. El cuerpo giratorio cilíndrico -3a- está conectado a un dispositivo de accionamiento - 3e-, tal como un motorreductor eléctrico, por ejemplo, para conferir movimiento rotacional al cuerpo giratorio cilíndrico -3a-. El motorreductor -3e- está alojado en un mango -3f-.

En la realización mostrada en las Figuras 4 a 6, el dispositivo de calibración -4- comprende una cámara cilíndrica -4a- situada en un cuerpo recipiente -4b- con bases opuestas abiertas - 4c-. La cámara cilíndrica -4a- tiene un diámetro y una altura correspondientes al diámetro predeterminado y a la altura predeterminada establecidos en las dimensiones predeterminadas -d-, respectivamente. Un dispositivo de eliminación -4d, 4e- que comprende una cuchilla superior -4e- y una cuchilla inferior -4f- que se utilizan para nivelar la pieza de prueba curada - 1b, 2b- con las bases abiertas superior e inferior de la cámara cilíndrica se proporciona para eliminar material de la pieza de prueba que sobresale de las bases abiertas -4c- de la cámara cilíndrica -4a-.

La Figura 7 muestra una realización del dispositivo de compactación -5- que puede utilizarse para compactar la composición de referencia -2a-, y que comprende un espacio cilíndrico interior -5b- situado en un cuerpo de guía -5a- entre una base cerrada inferior -5c - y una base abierta superior -5d- y que tiene un diámetro sustancialmente igual al diámetro predeterminado y una altura mayor que la altura predeterminada establecidos en las dimensiones predeterminadas -d-, así como un pistón de empuje -5e-que puede moverse axialmente en el espacio interior -5b- hacia dicha base cerrada -5c- para compactar la composición de referencia -2a- cuando está alojada en el espacio interior -5b-. Un accionador hidráulico -5f- acoplado de tal manera que la acción del fluido hidráulico -5g- del accionador -5f- actúe sobre el pistón de empuje -5e- se proporciona para conferir una fuerza de empuje axial predeterminada al pistón de empuje -5e- para poder someter la composición de referencia -2- a al menos un golpe de compactación.

Por último, la Figura 8 muestra una realización del dispositivo de prueba de resistencia mecánica -6- con el que se puede realizar una prueba de compresión de las piezas de prueba acondicionadas -1c, 2c-. Como se puede observar, este dispositivo de prueba de resistencia mecánica -6- comprende medios de carga (6a, 6b) que incluyen una placa superior (6a) sobre la cual actúa un tornillo -6b- y un banco de pruebas -6c-. Para realizar la prueba de compresión, la pieza de prueba acondicionada -1c, 2c- se sostiene entre la placa superior -6a- y el banco de pruebas -6c-. La placa superior -6a- ejerce una presión creciente sobre la pieza de prueba acondicionada -1c, 2c- que depende del accionamiento controlado del tornillo -6c- hasta el momento en que la presión hace que la pieza de prueba acondicionada -1c, 2c- se rompa. El momento en que se produce la rotura es detectado por los medios de detección -8- que pueden comprender, por ejemplo, un manómetro que detecta el cambio de presión entre la placa superior -6a- y la punta inferior del tornillo- 6b- que se produce en las roturas de la pieza de prueba acondicionada -1c, 2c-.

## REIVINDICACIONES

1. Método para evaluar las propiedades mecánicas de moldes de arena, que comprende:

extraer (A) al menos una muestra de una parte de un molde de arena (1) sin curar hecha de una composición predeterminada que comprende un compuesto de moldeo que incluye un sistema de unión para obtener un pieza de prueba real extraída (1a);
curar (B) la pieza de prueba real extraída (1a) durante un tiempo de curado predeterminado (t1) para obtener una pieza de prueba real curada (1b);
acondicionar (C) la pieza de prueba real curada (1b) a dimensiones predeterminadas (d) que incluyen una altura predeterminada y un diámetro predeterminado para obtener una pieza de prueba real acondicionada (1c);
someter (D) la pieza de prueba real acondicionada (1c) a una prueba de resistencia a la rotura mecánica en condiciones de presión y temperatura predeterminadas ($C_{P,T}$) para obtener valores de resistencia mecánica reales ($V_{Real}$);
comparar (E) los valores de resistencia mecánica reales ($V_{Real}$) con valores de resistencia mecánica de referencia ($V_{Ref}$) correspondientes a al menos una pieza de prueba de referencia acondicionada (2c) que también tenga sustancialmente dichas dimensiones predeterminadas (d), evaluando así las propiedades mecánicas de la pieza de prueba real acondicionada (1c), en donde dichos valores de resistencia mecánica de referencia ($V_{Ref}$) se obtienen de la siguiente manera:

compactando (F), aplicando condiciones de compactación predeterminadas ($C_{Comp}$), una composición de referencia (2) que comprende sustancialmente el mismo compuesto de moldeo y sustancialmente el mismo sistema de unión que el molde de arena sin curar (1) para obtener una pieza de prueba de referencia compactada (2a);
curando (G) la pieza de prueba de referencia compactada (2a) durante un tiempo de curado de referencia (t2) para obtener una pieza de prueba de referencia curada (2b); acondicionando (H) la pieza de prueba de referencia curada (2b) a dichas dimensiones predeterminadas (d) para obtener una pieza de prueba de referencia acondicionada (2c); y
sometiendo (I) la pieza de prueba de referencia acondicionada (2c) a una prueba de resistencia a la rotura mecánica en dichas condiciones de presión y temperatura predeterminadas ($C_{P,T}$) para obtener los valores de resistencia mecánica de referencia ($V_{Real}$).

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el tiempo de curado predeterminado (t1) al que se ha sometido la pieza de prueba real extraída (1a) tiene una duración sustancialmente igual al tiempo de curado de referencia (t2) al que se ha sometido la composición de referencia compactada (2).

3. Método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** la composición predeterminada de la pieza de prueba real extraída (1) es la misma composición que la composición de referencia (2a).

4. Método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** las pruebas de resistencia a la rotura mecánica a las que se someten la pieza de prueba de referencia acondicionada (2c) y la pieza de prueba real acondicionada (1 c) se seleccionan de entre pruebas de compresión, pruebas de flexión, pruebas de tracción y combinaciones de las mismas.

5. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** la pieza de prueba real extraída (1a) se extrae del molde de arena (1) utilizando un dispositivo de trepanado (3) dimensionado para obtener la pieza de prueba real extraída (1a) con una altura mayor que la altura predeterminada de la pieza de prueba real acondicionada, y **por que** la pieza de prueba real curada (1b) se ajusta a la altura predeterminada para obtener la pieza de prueba real acondicionada (1c).

6. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la altura predeterminada de la pieza de prueba real curada (1b) se ajusta utilizando un dispositivo de calibración (4).

7. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la composición de referencia (2a) se compacta en un dispositivo de compactación (5) utilizando un número predeterminado de golpes de compactación y a una intensidad de apisonamiento predeterminada.

8. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** la altura de la pieza de prueba de referencia curada (2b) se ajusta a la altura predeterminada utilizando un dispositivo de calibración (4).

9. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** se extraen una pluralidad de piezas de prueba reales extraídas (1a) de una pluralidad de partes (1') del molde de arena (1).

10. Método de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** en la etapa de evaluación (E), los valores de resistencia mecánica reales (VReal) de cada pieza de prueba real acondicionada (1c) se comparan con los valores

de resistencia mecánica de referencia (VRef) de al menos una pieza de prueba de referencia acondicionada (2c).

11. Equipo para evaluar las propiedades mecánicas de los moldes de arena utilizando el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende
al menos un dispositivo de trepanado (3) diseñado para extraer la muestra real de una parte (1') del molde de arena (1) y obtener la pieza de prueba real extraída (1a);
al menos un dispositivo de calibración (4) para acondicionar al menos la pieza de prueba real curada (1b) a las dimensiones predeterminadas (d) eliminando partes de la pieza de prueba real curada (1b) que excedan las dimensiones predeterminadas (d);
al menos un dispositivo de prueba de resistencia mecánica (6) que comprende medios de carga (6a, 6b) para someter al menos la pieza de prueba real acondicionada (1c) a la prueba de resistencia mecánica, medios de detección (8) para detectar la rotura de la pieza de prueba real acondicionada (1c) sometida a la prueba de resistencia mecánica;
medios de recogida (7) para recoger los valores de resistencia mecánica reales (VReal) que incluyen al menos un valor correspondiente a un valor de rotura de la pieza de prueba real acondicionada (1c).

12. Equipo de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** el dispositivo de trepanado (3) comprende un cuerpo giratorio cilíndrico (3a) que comprende una cavidad interior (3b) y un borde dentado (3c) que rodea una base abierta (3d) de la cavidad interior (3b), teniendo la cavidad interior (3b) una altura mayor que la altura predeterminada y un diámetro sustancialmente igual al diámetro predeterminado establecidos en las dimensiones predeterminadas (d), y
un dispositivo de accionamiento (3e) conectado al cuerpo giratorio cilíndrico (3a) para conferir movimiento rotacional al cuerpo giratorio cilíndrico (3a).

13. Equipo de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que** el dispositivo de calibración (4) comprende
una cámara cilíndrica (4a) situada en un cuerpo recipiente (4b) con bases opuestas abiertas (4c), y que tiene un diámetro y una altura correspondientes al diámetro predeterminado y a la altura predeterminada establecidos en las dimensiones predeterminadas (d), respectivamente;
un dispositivo de eliminación (4d, 4e) para eliminar el material de la pieza de prueba que sobresale de las bases abiertas (4c) de la cámara cilíndrica (4a).

14. Equipo de acuerdo con las reivindicaciones 11, 12 o 13, **caracterizado por que** comprende además un dispositivo de compactación (5) para compactar la composición de referencia (2a) que comprende
un espacio cilíndrico interior (5) situado en un cuerpo de guía (5a) entre una base cerrada inferior (5c) y una base abierta superior (5d) y que tiene un diámetro sustancialmente igual al diámetro predeterminado y una altura mayor que la altura predeterminada establecidos en las dimensiones predeterminadas (d);
un pistón de empuje (5e) que puede moverse axialmente en el espacio interior (5b) hacia dicha base cerrada (5c) para compactar la composición de referencia (2a) cuando está alojada en el espacio interior (5b); medios de accionamiento (5f) conectados al pistón de empuje (5e) para conferir una fuerza de empuje axial predeterminada al pistón de empuje (5e) para someter la composición de referencia (2) a al menos un golpe de compactación.

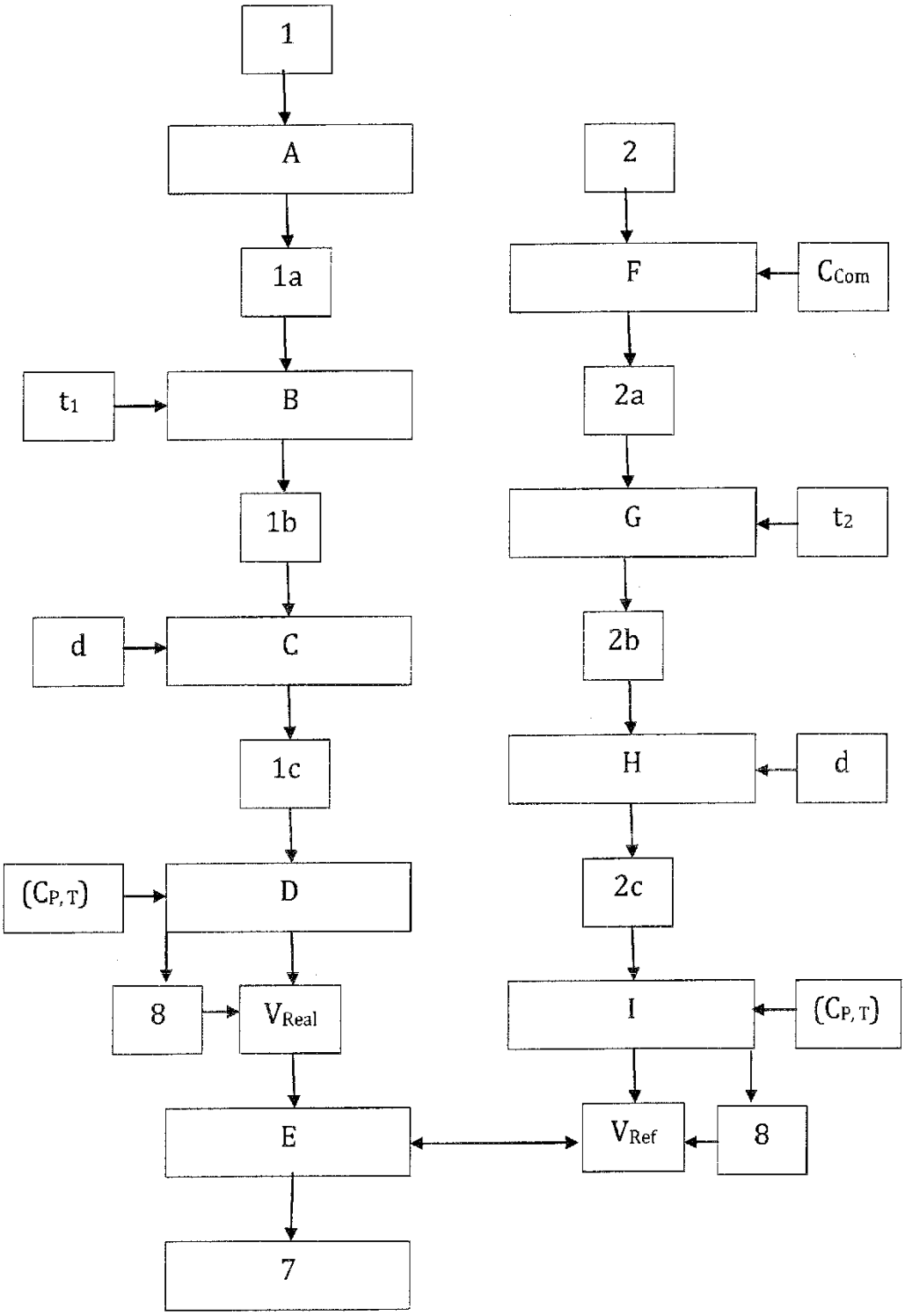
1
A
1a
t1
B
1b
d
C
1c
(CP, T)
D
8
VReal
E
7
2
F
CCom
2a
G
t2
2b
H
d
2c
I
(CP, T)
VRef
8

*Fig. 1*

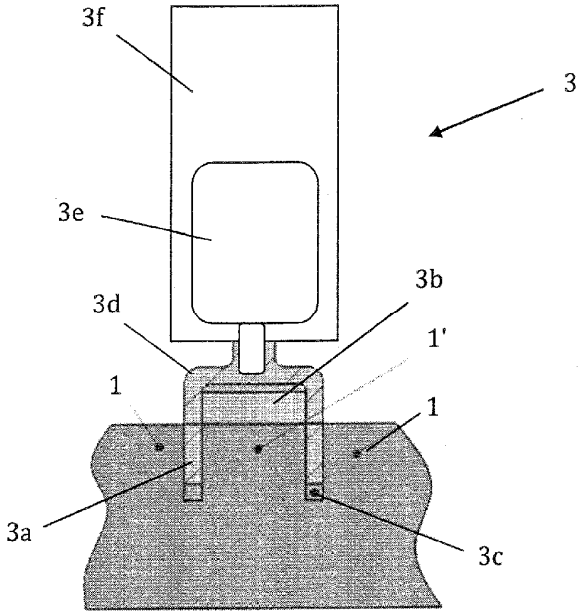


*Fig. 2*

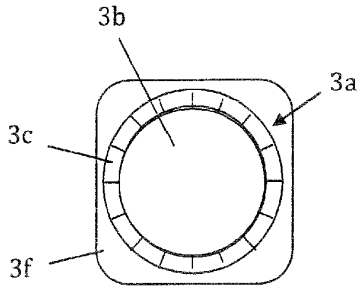


*Fig. 3*

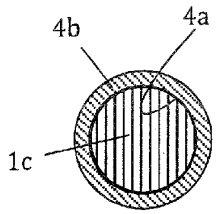


*Fig. 6 (A-A)*

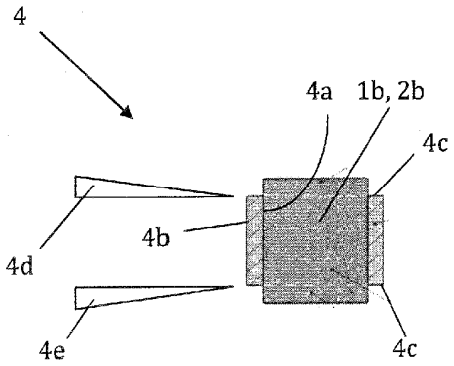


*Fig. 4*

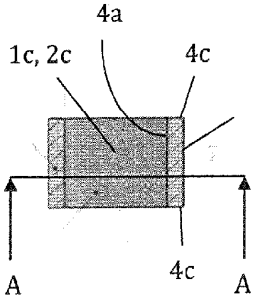


*Fig. 5*

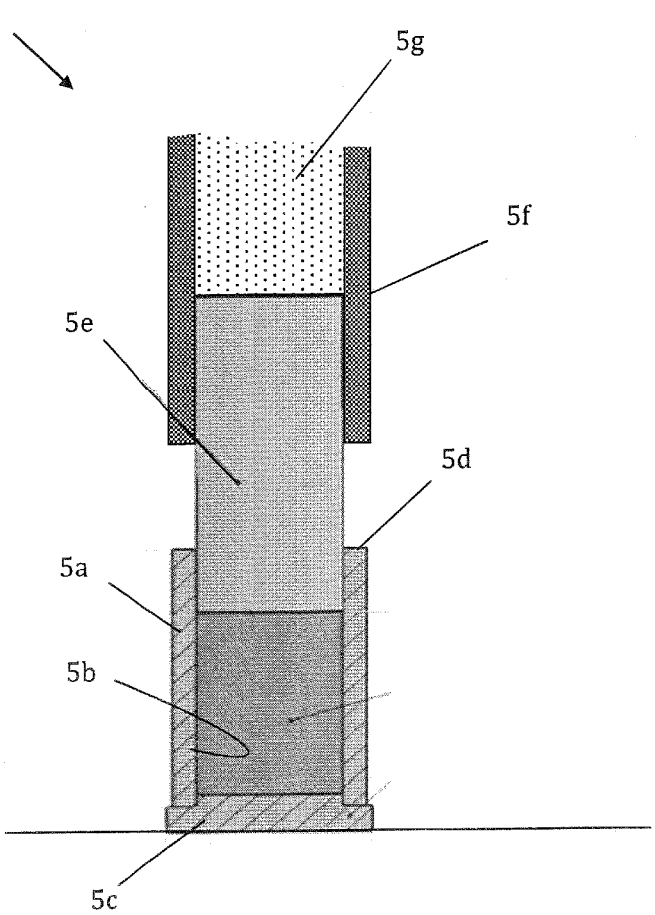


*Fig. 7*

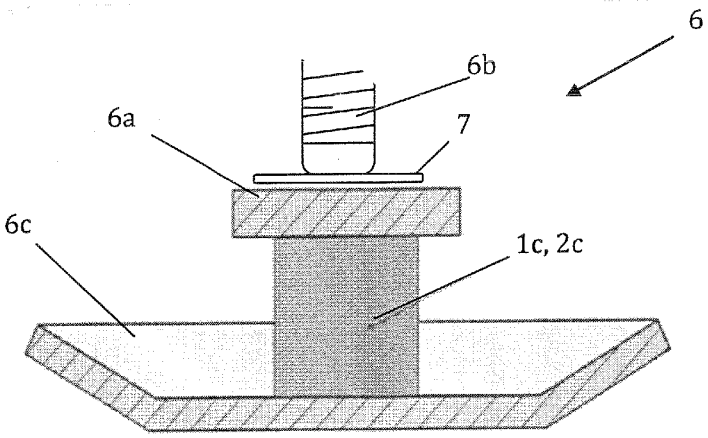


*Fig. 8*