

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 714**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.01.2021 PCT/EP2021/050735**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.2021 WO21144386**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2021 E 21700223 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2023 EP 4091134**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la determinación de una información 3D y de una modificación de un recipiente metalúrgico**

30 Prioridad:

16.01.2020 EP 20152201

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

09.04.2024

73 Titular/es:

**REFRACTORY INTELLECTUAL PROPERTY
GMBH & CO. KG (100.0%)
Wienerbergstraße 11
1100 Wien, AT**

72 Inventor/es:

**KATZ, ROMY-SOPHIE y
LAMMER, GREGOR**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 964 714 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

Sistema y procedimiento para la determinación de una información 3D y de una modificación de un recipiente metalúrgico

5 La invención se refiere a un sistema y un procedimiento para la determinación y modificación de la información 3D de un recipiente metalúrgico. En particular, la invención se refiere a un sistema y un procedimiento para determinar la reconstrucción de la superficie de un recipiente metalúrgico y permite determinar una modificación tal como el desgaste refractario de dicho recipiente, posterior a una determinada utilización.

10 Un recipiente metalúrgico comprende en general un revestimiento refractario dentro de una carcasa de acero. El revestimiento refractario actúa como aislamiento térmico y protege la carcasa de acero, p. ej., durante el tratamiento y transporte de un metal fundido caliente dentro del recipiente metalúrgico. Durante una etapa de tratamiento o transporte, típicamente el revestimiento refractario se desgasta. Este desgaste da como resultado una superficie modificada del revestimiento refractario en una parte interna (dentro) de un recipiente metalúrgico. En el documento EP 2 558 816 B1 se divulgan sistemas para medir el desgaste de un revestimiento refractario, donde se utiliza un escáner láser para obtener un contorno de un revestimiento. En el documento WO 03/081157 A1 se divulga un sistema de medición que utiliza una cámara matricial estereoscópica en un manipulador.

15 Los autores de la invención se han dado cuenta de que es muy deseable obtener información 3D, tal como una reconstrucción de la superficie (especialmente interior) de un recipiente metalúrgico.

20 En general, dicha información 3D de un recipiente metalúrgico puede ser útil para muchas aplicaciones, tales como la determinación del desgaste o la determinación de un grosor de pared residual, etc. Estos valores son importantes para la seguridad del uso de un recipiente metalúrgico. Para una determinación fiable, por ejemplo, por motivos de seguridad tales como impedir fugas, basándose en la información 3D obtenida, esta información 3D debe mostrar una alta precisión y reproducibilidad. Por lo tanto, los escáneres láser no pueden proporcionar una precisión tan alta en un tiempo comparable, ya que en dichos escáneres se deben medir todos los puntos posteriormente, lo que da lugar a unos tiempos de medición mayores al aumentar el número de puntos medidos. La presente invención permite una determinación reproducible y rápida de una gran cantidad de puntos de medición. Especialmente, la presente invención hace posible obtener información 3D de una gran parte interna (o incluso de toda la parte interna) de un recipiente metalúrgico con alta precisión y en poco tiempo.

25 Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar un sistema y un procedimiento para la determinación de una información 3D o una modificación de un recipiente metalúrgico, considerando que la información o modificación 3D se puede obtener de forma repetible en un corto período de tiempo, y considerando que la información o modificación 3D es de alta precisión.

En otro objeto, la información 3D o la modificación pueden contener un gran número de puntos de medición. Otro objeto de la invención es proporcionar un sistema y un procedimiento que permitan la determinación de factores relevantes de seguridad para el uso de un recipiente metalúrgico.

35 El objeto se consigue mediante un procedimiento para determinar una información 3D de una parte interna de un recipiente metalúrgico según la reivindicación 1.

El objeto se consigue mediante un procedimiento para determinar una modificación de una información 3D de una parte interna de un recipiente metalúrgico según la reivindicación 2.

40 El objeto se soluciona mediante un sistema de formación de imágenes para la determinación de una modificación o de una información 3D de una parte interna de un recipiente metalúrgico según la reivindicación 9. El objeto se soluciona mediante un dispositivo de procesamiento de datos para la determinación de una información 3D de una parte interna de un recipiente metalúrgico según la reivindicación 12.

El objeto se soluciona mediante un dispositivo de procesamiento de datos para determinar una modificación de una parte interna de un recipiente metalúrgico según la reivindicación 13.

45 El objeto se soluciona mediante un sistema para determinar una modificación o una información 3D de una parte interna de un recipiente metalúrgico según la reivindicación 14.

La idea central de la invención es proporcionar por lo menos dos imágenes ópticas de un recipiente metalúrgico desde diferentes posiciones del dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, y calcular una información 3D o una modificación del recipiente metalúrgico.

50 En una primera realización de la invención, el objeto se logra al proporcionar un procedimiento para la determinación de una información 3D, especialmente de una nube de puntos o de una reconstrucción de una superficie 3D o de un objeto 3D, de una parte interna de un recipiente metalúrgico que comprende las etapas de:

- proporcionar un recipiente metalúrgico;

- capturar una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un primer eje óptico, mediante un primer dispositivo de formación de imágenes;
- 5 - capturar una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un segundo eje óptico, mediante un segundo dispositivo de formación de imágenes;
- calcular una información 3D, tal como una nube de puntos o una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D, de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico a partir de por lo menos la primera imagen óptica y la segunda imagen óptica;
- 10 - considerando que la primera imagen óptica se captura desde una posición fija del primer dispositivo de formación de imágenes con un primer eje óptico fijo y que la segunda imagen óptica se captura desde una posición fija del segundo dispositivo de formación de imágenes con un segundo eje óptico fijo;
- opcionalmente: almacenar la información 3D de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico.

15 En una segunda realización de la invención, el objeto se logra al proporcionar un procedimiento para determinar una modificación de una parte interna de un recipiente metalúrgico, que comprende las etapas de:

- proporcionar un recipiente metalúrgico;
- capturar una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un primer eje óptico, mediante un primer dispositivo de formación de imágenes;
- 20 - capturar una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un segundo eje óptico, mediante un segundo dispositivo de formación de imágenes;
- calcular una información 3D, tal como una nube de puntos o una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D, de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico a partir de por lo menos la primera imagen óptica y la segunda imagen óptica;
- 25 - determinar una modificación de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico basándose en la comparación de la información 3D calculada con una información 3D previamente almacenada del recipiente metalúrgico;
- considerando que la primera imagen óptica se captura desde una posición fija del primer dispositivo de formación de imágenes con un primer eje óptico fijo y que la segunda imagen óptica se captura desde una posición fija del segundo dispositivo de formación de imágenes con un segundo eje óptico fijo;
- 30 - opcionalmente: generar una salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico.

35 En una tercera realización de la invención, el objeto se soluciona al proporcionar un sistema de formación de imágenes para la determinación de una modificación o de una información 3D, en particular de una nube de puntos o de una reconstrucción de una superficie 3D o de un objeto 3D, de una parte interna de un recipiente metalúrgico que comprende:

- un primer dispositivo de formación de imágenes para capturar una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un primer eje óptico;
- 40 - un segundo dispositivo de formación de imágenes para capturar una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del segundo dispositivo de formación de imágenes, con un segundo eje óptico;
- un dispositivo de intercambio de datos conectado al primer dispositivo de formación de imágenes y al segundo dispositivo de formación de imágenes, estando programado el dispositivo de intercambio de datos para:
- 45 - recibir una primera imagen óptica desde el primer dispositivo de formación de imágenes; recibir una segunda imagen óptica desde el segundo dispositivo de formación de imágenes;
- enviar la primera imagen óptica preferiblemente a un dispositivo de procesamiento de datos según la cuarta realización;

50

- enviar una segunda imagen óptica preferiblemente a un dispositivo de procesamiento de datos según la cuarta realización;
- Opcionalmente: recibir una salida basada en una modificación determinada o una información 3D, preferiblemente desde un dispositivo de procesamiento de datos;

5 considerando que

- el primer dispositivo de formación de imágenes para capturar una primera imagen óptica está montado en una posición fija del primer dispositivo de formación de imágenes con un primer eje óptico fijo;
- y considerando que el segundo dispositivo de formación de imágenes para capturar una segunda imagen óptica está montado en una posición fija del segundo dispositivo de formación de imágenes con un segundo eje óptico fijo.

10

En una cuarta realización de la invención, el objeto se consigue al proporcionar un dispositivo de procesamiento de datos para la determinación de una información 3D, en particular de una nube de puntos o de una reconstrucción de una superficie 3D o de un objeto 3D, de una parte interna de un recipiente (50) metalúrgico programado para:

15

- recibir una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico desde el primer dispositivo de formación de imágenes de un sistema de formación de imágenes según la tercera realización;
- recibir una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico desde el segundo dispositivo de formación de imágenes de un sistema de formación de imágenes según la tercera realización;

20

- calcular una información 3D, tal como una nube de puntos o una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D, de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico a partir de por lo menos la primera imagen óptica obtenida y la segunda imagen óptica obtenida;

25

- opcionalmente: enviar la información 3D de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico, comprendiendo la información 3D una nube de puntos o una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D, preferiblemente a un dispositivo de intercambio de datos de un sistema de formación de imágenes según la tercera realización.

En una quinta realización de la invención, el objeto se logra al proporcionar un dispositivo de procesamiento de datos para determinar una modificación de una parte interna de un recipiente metalúrgico programado para:

30

- recibir una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico desde un sistema de formación de imágenes según la tercera realización;
- recibir una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico de un sistema de formación de imágenes según la tercera realización;

35

- calcular una información 3D, tal como una nube de puntos o una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D, de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico a partir de por lo menos la primera imagen óptica obtenida y la segunda imagen óptica obtenida;

40

- determinar una modificación de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico basándose en la comparación de la información 3D calculada con una información 3D previamente almacenada del recipiente metalúrgico;
- opcionalmente: enviar una salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico, preferiblemente a un dispositivo de intercambio de datos de un sistema de formación de imágenes según la tercera realización.

En una sexta realización, el objeto se consigue al proporcionar un sistema para la determinación de una modificación o de una información 3D, especialmente de una nube de puntos o de una reconstrucción de una superficie 3D o de un objeto 3D, de una parte interna de un recipiente metalúrgico que comprende:

45

- un sistema de formación de imágenes según la tercera realización conectado a un dispositivo de procesamiento de datos según la cuarta o quinta realización;
- considerando que el dispositivo de intercambio de datos del sistema de formación de imágenes está programado para:

50

- enviar la primera imagen óptica al dispositivo de procesamiento de datos;
- enviar de la segunda imagen óptica al dispositivo de procesamiento de datos.

- recibir la información 3D o la salida basada en la modificación determinada del dispositivo de procesamiento de datos;
- considerando que el dispositivo de procesamiento de datos está programado para:
 - recibir la primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico desde el dispositivo de intercambio de datos del sistema de formación de imágenes;
 - recibir la segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico desde el dispositivo de intercambio de datos del sistema de formación de imágenes;
 - enviar la información 3D calculada o la salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico, al dispositivo de intercambio de datos del sistema de formación de imágenes.

En una sexta realización alternativa de la invención, el objeto se logra al proporcionar un sistema para la determinación de una información 3D, especialmente de una nube de puntos o de una reconstrucción de una superficie 3D o de un objeto 3D, de una parte interna de un recipiente metalúrgico que comprende:

- un primer dispositivo de formación de imágenes para capturar una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un primer eje óptico;
- un segundo dispositivo de formación de imágenes para capturar una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un segundo eje óptico;
- un dispositivo de procesamiento de datos según la invención, considerando que:
 - la recepción de una primera imagen óptica se realiza al recibir la primera imagen óptica desde el primer dispositivo de formación de imágenes; y
 - la recepción de una segunda imagen óptica se realiza al recibir la segunda imagen óptica desde el segundo dispositivo de formación de imágenes.

En una séptima realización alternativa de la invención, el objeto se logra al proporcionar un sistema para determinar una modificación de una parte interna de un recipiente metalúrgico que comprende:

- un primer dispositivo de formación de imágenes para capturar una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un primer eje óptico;
- un segundo dispositivo de formación de imágenes para capturar una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un segundo eje óptico;
- un dispositivo de procesamiento de datos según la invención, considerando que:
 - la recepción de una primera imagen óptica se realiza al recibir la primera imagen óptica desde el primer dispositivo de formación de imágenes; y
 - la recepción de una segunda imagen óptica se realiza al recibir la segunda imagen óptica desde el segundo dispositivo de formación de imágenes.

En las realizaciones primera y segunda, en una primera etapa, se realiza la provisión de un recipiente metalúrgico. El recipiente metalúrgico es preferiblemente uno de: un cucharón de acero, un horno de oxígeno básico, un horno de arco eléctrico, un convertidor AOD (descarburación de argón-oxígeno). Las etapas posteriores son preferiblemente etapas implementadas por ordenador, por lo que estas etapas pueden activarse o ejecutarse mediante un código de programa implementado en un ordenador.

La captura de una primera imagen óptica de por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un primer eje óptico, se realiza mediante un primer dispositivo de formación de imágenes, p. ej., mediante una primera cámara digital. La captura de una segunda imagen óptica de por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un segundo eje óptico, se realiza mediante un segundo dispositivo de formación de imágenes, p. ej., mediante una segunda cámara digital.

5 Se ha de entender que la captura hace que un dispositivo de formación de imágenes proporcione una imagen óptica. La captura se puede realizar al enviar una instrucción de señal a un dispositivo de formación de imágenes para activar la captura de una imagen óptica, y al recibir además la imagen óptica en un ordenador, p. ej., recibir dichas imágenes ópticas en un dispositivo de procesamiento de datos, tal como en la tercera o cuarta realización. La captura también se puede realizar al seleccionar una determinada imagen óptica de una corriente (p. ej., constante) de imágenes ópticas proporcionada por un dispositivo de formación de imágenes, tal como una cámara de vídeo, y al recibir además la imagen óptica en un ordenador, p. ej., recibir dichas imágenes ópticas en un dispositivo de procesamiento de datos, tal como en la tercera o cuarta realización.

10 Un dispositivo de formación de imágenes se ha de entender como un aparato electrónico para la adquisición de puntos ópticamente detectables, que en general comprende un sistema óptico (tal como una lente) y un sensor (p. ej., un sensor CCD o CMOS) y un circuito electrónico. Preferiblemente, los dispositivos de formación de imágenes (tales como el primero y el segundo dispositivo de formación de imágenes) son cámaras digitales.

15 Preferiblemente, las posiciones del dispositivo de formación de imágenes (tales como la primera y segunda posiciones del dispositivo de formación de imágenes) están fuera del recipiente metalúrgico. Los autores de la invención han descubierto que el posicionamiento de los dispositivos de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico tiene varias ventajas, tales como permitir un ángulo de visión mayor, lo que permite que se obtengan imágenes de una sección de superficie más grande y, por lo tanto, también un área más grande donde se transmite la información 3D o la modificación se puede determinar mediante el dispositivo de formación de imágenes utilizado. También se ha demostrado que colocar el dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico aumenta en gran medida la vida útil del dispositivo de formación de imágenes, ya que el entorno hostil dentro del recipiente metalúrgico a menudo obliga a sustituirlo a causa de fallos en la lente o en la electrónica de la cámara, incluso en el caso de que el dispositivo de formación de imágenes se enfría activamente.

Una información 3D puede comprender una nube de puntos, una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D.

25 Preferiblemente, la información 3D comprende una nube de puntos. Una nube de puntos (o: nube de puntos 3D) comprende preferiblemente un conjunto de n coordenadas de puntos 3D relacionados con una superficie respectiva, es decir, puntos $P_i = P_i(x_i, y_i, z_i)$, donde $i=1..n$. Una nube de puntos de este tipo puede tener la forma de una tabla (p. ej., con valores en columnas para cada número de punto: i, x_i, y_i, z_i). Preferiblemente, la información 3D comprende por lo menos un conjunto de 1 millón de entradas, más preferiblemente por lo menos 5 millones de entradas, tal como una nube de puntos que comprende por lo menos 1 millón de coordenadas de puntos 3D de una superficie respectiva ($n \geq 1.000.000$) y más preferiblemente por lo menos 5 millones de coordenadas de puntos 3D de una superficie respectiva ($n \geq 5.000.000$).

Preferiblemente, la información 3D comprende una reconstrucción de una superficie 3D. Una reconstrucción de una superficie 3D puede comprender una malla poligonal, que conecta un conjunto de coordenadas de puntos 3D de una superficie respectiva (es decir, puntos de la nube de puntos).

35 Preferiblemente, la información 3D comprende un objeto 3D. Un objeto 3D puede comprender una reconstrucción de una superficie 3D cerrada.

40 El cálculo de una nube de puntos 3D de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico a partir de por lo menos la primera imagen óptica y la segunda imagen óptica determina un conjunto de coordenadas de puntos 3D de una superficie de una parte interna del recipiente metalúrgico. El cálculo se puede realizar usando procedimientos del estado de la técnica, tales como, p. ej., algoritmo de correspondencia en estéreo o un algoritmo de correspondencia en estéreo de múltiples vistas que utiliza correspondencia de múltiples vistas. En general, la información de profundidad se puede calcular mediante triangulación entre puntos de imagen correspondientes entre diferentes imágenes. El cálculo de una reconstrucción de una superficie 3D o de un objeto 3D se puede realizar utilizando, p. ej., las coordenadas de los puntos de la nube de puntos y aplicando una malla sobre estos puntos.

45 En la primera realización, almacenar preferiblemente la información 3D de por lo menos una parte interna del recipiente metalúrgico se puede realizar en una unidad remota (red) en forma de una estructura de datos, tal como un archivo legible por ordenador en un medio legible por ordenador (en la memoria, o en un disco local o remoto, o similar). La información 3D puede comprender adicionalmente otros valores, tales como un valor de intensidad, un código de color que incluye el color de un determinado píxel, o un código de material que incluye una información del material (p. ej., qué material se detecta en un determinado punto P_i con índice i , tal como, p. ej., un metal o un material refractario). La información 3D almacenada puede conservarse para una evaluación posterior, p. ej., para la comparación en la segunda realización. La información 3D almacenada podría ser una nube de puntos, una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D, en una etapa de tiempo $t=t_0$. En el caso de una nube de puntos, podría representarse mediante los puntos $P_i(t) = P_i(x_i, y_i, z_i)$ en una etapa de tiempo $t=t_0$.

55 En la segunda y quinta realización, determinar una modificación del recipiente metalúrgico basándose en la comparación de la información 3D calculada (p. ej., la información 3D realmente calculada puede comprender una nube de puntos de $P_i(t_1) = P_i(x_i, y_i, z_i)$ en una etapa de tiempo $t=t_1$) con una información 3D previamente almacenada (p. ej., $P_i(t_0)$ en una etapa de tiempo $t=t_0$) del recipiente metalúrgico se puede realizar, p. ej., al generar un mapa de

desplazamiento entre la información 3D previamente almacenada con la información 3D realmente calculada (p. ej., $P_i(t1) - P_i(t0)$). En caso de que las nubes de puntos 3D en diferentes etapas de tiempo ($P_i(t1)$ y $P_i(t0)$) no comprenden los mismos valores x_i, y_i, z_i , en la comparación se utiliza la interpolación o los promedios que tienen en cuenta la información de los puntos vecinos más cercanos. Además, se podría hacer una comparación entre la información 3D calculada en forma de una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D (en la etapa de tiempo $t=t1$) con una información 3D previamente almacenada en forma de una reconstrucción de una superficie 3D o un objeto 3D (en una etapa de tiempo de $t=t0$). Las diferencias determinadas (p. ej., $P_i(t1) - P_i(t0)$; o que tienen en cuenta la información de los puntos vecinos más cercanos, o a partir de una reconstrucción de una superficie 3D u objeto 3D) pueden mostrar la cantidad de desgaste entre el revestimiento refractario o también pueden mostrar cualquier obstrucción de, p. ej., un metal pegado al revestimiento refractario.

La generación de una salida basada en la modificación determinada de un recipiente metalúrgico se puede realizar mediante una determinada señal (p. ej., una señal de advertencia) relacionada con la modificación o mediante cualquier otra señal, p. ej., utilizada para iniciar una acción específica. La salida podría utilizarse, por ejemplo, para activar una reparación del revestimiento en una determinada parte del recipiente. La salida podría usarse para activar una lanza de oxígeno para quemar el metal obstruido o algo similar. La señal de salida también se puede almacenar para documentar la estabilidad del proceso o incluso los niveles de seguridad del proceso.

El recipiente metalúrgico es preferiblemente uno de: un cucharón de acero, un horno de oxígeno básico, un horno de arco eléctrico, un convertidor AOD (descarburación de argón-oxígeno).

Preferiblemente, se puede determinar información del material local a causa de la diferencia en los espectros de emisión que producen diferentes colores o intensidades en las imágenes capturadas. Preferiblemente, la información del material puede contener información sobre la posición de un material refractario, un material metálico o similar. Preferiblemente, la información del material se superpone a la imagen de salida. Preferiblemente, la información 3D comprende además la información del material.

Preferiblemente, la salida generada comprende la información del material junto con la información 3D calculada. Preferiblemente la salida se utiliza para generar una señal de alarma. Una señal de alarma de este tipo puede proporcionarse, p. ej., en el caso de que se alcance un objetivo específico, como p. ej., tal como que el desgaste esté por encima de un umbral determinado. Preferiblemente, la salida generada comprende información de desgaste junto con la información 3D calculada, tal como, p. ej., una información 3D codificada por colores, determinando el color la cantidad de desgaste (p. ej., rojo en regiones de alto desgaste y azul en regiones de bajo desgaste). Preferiblemente, la por lo menos una primera parte interna del recipiente metalúrgico en la primera imagen óptica y la por lo menos una segunda parte interna del recipiente metalúrgico en la segunda imagen óptica se solapan, preferiblemente la región de solapamiento en relación con el contenido total de imagen de la primera imagen óptica y la segunda imagen óptica es por lo menos el 50 %, más preferiblemente, el solapamiento es por lo menos el 70 %.

Preferiblemente, las etapas de capturar imágenes ópticas, tales como capturar la primera y la segunda imagen óptica, se realizan dentro de 1.000 milisegundos, preferiblemente dentro de 500 milisegundos, más preferiblemente dentro de 250 milisegundos, mediante un primer y un segundo dispositivo de formación de imágenes, que están sincronizados. Los experimentos iniciales han demostrado que esto reduce la borrosidad del movimiento, pero también cualquier borrosidad inducida debido a diferentes propiedades térmicas (cuando el recipiente metalúrgico se enfría). En el caso de superficies muy calientes, se ha descubierto que es preferible capturar todas las imágenes en un plazo de 500 milisegundos, ya que, de lo contrario, el efecto de la neblina térmica provoca perturbaciones.

La primera imagen óptica se captura desde una posición fija del primer dispositivo de formación de imágenes (inamovible) con un primer eje óptico fijo y considerando que la segunda imagen óptica se captura desde una posición fija del segundo dispositivo de formación de imágenes (inamovible) con un segundo eje óptico fijo. El primer dispositivo de formación de imágenes para capturar una primera imagen óptica está montado en una posición fija del primer dispositivo de formación de imágenes con un primer eje óptico fijo y considerando que el segundo dispositivo de formación de imágenes para capturar una segunda imagen óptica está montado en una posición fija del segundo dispositivo de formación de imágenes con un segundo eje óptico fijo. Se puede conseguir una posición fija del dispositivo de formación de imágenes y un eje óptico fijo al montar los dispositivos ópticos de formación de imágenes en una posición fija, p. ej., en un bastidor rígido conectado al suelo. Por posición fija del dispositivo de formación de imágenes se entiende una posición del dispositivo de formación de imágenes inamovible. Por eje óptico fijo se entiende una posición fija e inamovible de la formación de imágenes. Así, es preferible que ninguna de las posiciones del dispositivo de formación de imágenes y ninguno de los ejes ópticos se puedan mover, tal como se obtiene, p. ej., cuando el dispositivo óptico de formación de imágenes está conectado a un manipulador (en movimiento) o un brazo de un robot. Así, es preferible que ninguno de los dispositivos de formación de imágenes (tales como el primer dispositivo de formación de imágenes y el segundo dispositivo de formación de imágenes) esté montado en un manipulador móvil o en un brazo móvil de un robot. Una posición fija del dispositivo de formación de imágenes y un eje óptico fijo ofrecen la ventaja de una calibración de las cámaras estable y de alta calidad (en el sentido de que la posición del dispositivo de formación de imágenes está muy bien definida en términos de las coordenadas x, y, z , y en términos de su eje óptico). Los autores de la invención han descubierto que una calibración de las cámaras de tan alta calidad es preferible para las reconstrucciones 3D de alta calidad de un recipiente metalúrgico.

Preferiblemente, la captura de una primera imagen óptica se realiza mediante un primer dispositivo de formación de imágenes calibrado y la captura de una segunda imagen óptica se realiza mediante un segundo dispositivo óptico de formación de imágenes calibrado. Preferiblemente, todos los dispositivos de formación de imágenes se calibran antes de capturar una imagen óptica. La calibración de un dispositivo de formación de imágenes se realiza mediante un proceso llamado calibración de las cámaras (a veces también denominado resección de las cámaras) que se refiere a la determinación de varios parámetros, tales como parámetros intrínsecos o extrínsecos, del dispositivo de formación de imágenes. Estos parámetros pueden, p. ej., representarse en una matriz (p. ej., una matriz de cámara de 3x4). Los parámetros intrínsecos pueden comprender la distancia focal, los factores de escala, el punto principal, el formato del sensor de imagen, los parámetros de distorsión de la lente y otros. Los parámetros extrínsecos incluyen parámetros relacionados con la transformación del sistema de coordenadas desde parámetros 3D de la escena ("coordenadas del mundo") a coordenadas del dispositivo de formación de imágenes 3D. Estos parámetros definen (y dependen de) la posición del dispositivo de formación de imágenes y el eje óptico. Para los dispositivos de imágenes no fijos, es posible realizar una calibración. Los autores de la invención han descubierto que, en el caso de un dispositivo de formación de imágenes fijo, la calibración produce unos resultados mejorados, especialmente durante un período de tiempo más largo.

El primer dispositivo óptico de formación de imágenes está montado en una posición fija, preferiblemente en un bastidor conectado al suelo. El segundo dispositivo óptico de formación de imágenes está montado en una posición fija, preferiblemente en un bastidor conectado al suelo. Preferiblemente, todos los dispositivos de formación de imágenes están montados en una posición fija, preferiblemente en un bastidor conectado al suelo. Preferiblemente, el sistema de formación de imágenes comprende un bastidor.

Preferiblemente, el primer eje óptico y el segundo eje óptico definen direcciones, considerando que el ángulo (α) entre estas direcciones es menor que 20° , preferiblemente menor que 10° . El primer eje óptico y el segundo eje óptico pueden ser líneas paralelas (que definen un ángulo entre sus direcciones de $\alpha=0^\circ$). Además, pueden ser líneas sesgadas (líneas no intersecantes ni paralelas) o pueden ser líneas intersecantes.

Preferiblemente, la distancia de la posición del primer dispositivo de formación de imágenes y la posición del segundo dispositivo de formación de imágenes está en el intervalo de 0,5 m a 4 m, preferiblemente entre 1 m y 3 m. Estos intervalos han demostrado dar un resultado de alta precisión. Preferiblemente, la distancia mínima desde el recipiente metalúrgico al dispositivo de formación de imágenes más cercano está en el intervalo de 3 m a 30 m, más preferiblemente de 5 m a 20 m. Se ha demostrado que estos intervalos dan un resultado de alta precisión, mientras que la posición de la cámara está lo suficientemente alejada del recipiente metalúrgico caliente.

Los autores de la invención han descubierto que, preferiblemente, la relación entre la distancia de la posición del primer dispositivo de formación de imágenes y la posición del segundo dispositivo de formación de imágenes con respecto a la distancia desde el recipiente metalúrgico hasta la posición de su dispositivo de formación de imágenes más cercana está en el intervalo de 0,01 a 1,4, preferiblemente entre 0,05 a 0,6. Se ha demostrado que estas relaciones producen imágenes de alta calidad de grandes partes del recipiente metalúrgico, especialmente en regiones que pueden estar cubiertas o ser irregulares, p. ej., debido a deposiciones de metal o escoria, para reducir áreas que de otro modo no serían fácilmente visibles desde el exterior.

Preferiblemente, la modificación determinada comprende por lo menos uno de: una cantidad de desgaste del revestimiento, un grosor de pared residual mínimo, una imagen de un grosor de pared residual, una imagen de regiones donde el grosor de pared residual se encuentra dentro de un intervalo predefinido, una alarma en caso de que el grosor de pared residual se encuentre dentro de un intervalo predefinido.

Preferiblemente, el primer y segundo dispositivo de formación de imágenes para capturar imágenes ópticas son cámaras ópticas digitales, que pueden capturar imágenes ópticas con más de 1,5 megapíxeles, más preferiblemente de más de 8 megapíxeles. Se ha demostrado que estas resoluciones dan un resultado de alta precisión. Estas resoluciones se pueden alcanzar, p. ej., con cámaras FullHD o cámaras 4K.

En general, la captura de imágenes se realiza en un recipiente metalúrgico en el estado caliente, p. ej., a una temperatura de más de $700-800^\circ\text{C}$ de la superficie del revestimiento refractario. Por lo tanto, preferiblemente los dispositivos de formación de imágenes primero y segundo para capturar imágenes ópticas son adecuados para capturar imágenes de un recipiente metalúrgico en el estado caliente. Preferiblemente, los dispositivos de formación de imágenes (tales como el primer, segundo y tercer dispositivo de formación de imágenes) pueden comprender pantallas térmicas (p. ej., mediante una carcasa metálica). Preferiblemente, los dispositivos de formación de imágenes (tales como el primer, segundo y tercer dispositivo de formación de imágenes) pueden comprender sistemas de enfriamiento activos, que comprenden, p. ej., medios de enfriamiento líquidos (p. ej., agua) o gaseosos (p. ej., aire o nitrógeno).

Preferiblemente, la captura de la primera y segunda imágenes ópticas de la primera y segunda partes internas del recipiente metalúrgico se realiza cuando el recipiente metalúrgico está en un lugar de reposo. Preferiblemente, el recipiente metalúrgico es un cucharón. Cuando el recipiente metalúrgico es un cucharón, preferiblemente la captura de la primera y segunda imágenes ópticas de la primera y segunda partes internas del cucharón se realiza cuando el cucharón está en el lugar de reparación del cucharón.

En las realizaciones primera y segunda, son preferibles etapas adicionales para capturar imágenes ópticas adicionales de por lo menos otras partes internas del recipiente metalúrgico desde una posición adicional del dispositivo de formación de imágenes, con un eje óptico adicional, mediante un dispositivo de formación de imágenes adicional.

5 Preferiblemente, las realizaciones primera y segunda comprenden las etapas adicionales de capturar una tercera imagen óptica de por lo menos una tercera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del tercer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un tercer eje óptico, mediante un tercer dispositivo de formación de imágenes, y más preferiblemente comprende adicionalmente capturar una cuarta imagen óptica de por lo menos una cuarta parte interna del recipiente metalúrgico, desde una cuarta posición del dispositivo

10 de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un cuarto eje óptico, mediante un cuarto dispositivo de formación de imágenes. La tercera y en la sexta y séptima realizaciones alternativas, comprenden preferiblemente dispositivos de formación de imágenes adicionales para capturar imágenes ópticas adicionales de por lo menos otras partes internas del recipiente metalúrgico desde otras posiciones del dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un eje óptico adicional. Preferiblemente, la tercera y la sexta y séptima realización

15 alternativas comprenden además un tercer dispositivo de formación de imágenes para capturar una tercera imagen óptica de por lo menos una tercera parte interna del recipiente metalúrgico, desde una posición del tercer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente metalúrgico, con un tercer eje óptico, y más preferiblemente comprende adicionalmente un cuarto dispositivo de formación de imágenes para capturar una cuarta imagen óptica de por lo menos una cuarta parte interna del recipiente metalúrgico, desde una cuarta posición del dispositivo de formación de

20 imágenes fuera del recipiente metalúrgico. Dichos dispositivos de formación de imágenes adicionales e imágenes ópticas capturadas adicionales mejoran el ángulo de visión/el área capturada por los dispositivos de formación de imágenes y en global dan lugar a reconstrucciones de superficies 3D / comparaciones de partes internas más grandes; así, aumentan el área de la reconstrucción dentro del recipiente metalúrgico.

Preferiblemente, se entiende por dispositivo de procesamiento de datos uno o más dispositivos para la realización de las etapas respectivas del procedimiento descrito anteriormente, y que, con esta finalidad, comprenden componentes electrónicos discretos para procesar señales o que están implementados parcial o totalmente como un programa informático en un ordenador.

25

Preferiblemente, se entiende por dispositivo de intercambio de datos uno o más dispositivos para llevar a cabo las etapas respectivas del procedimiento descrito en relación con la tercera realización, y que, con esta finalidad, comprende componentes electrónicos discretos para procesar señales, o que están implementados parcial o totalmente como un programa informático en un ordenador. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos está adaptado para activar el primer dispositivo óptico de formación de imágenes y el segundo dispositivo óptico de formación de imágenes para capturar una imagen. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos está adaptado para recibir la primera imagen óptica desde el primer dispositivo óptico de formación de imágenes y para recibir la segunda imagen óptica desde el segundo dispositivo óptico de formación de imágenes, p. ej., directamente mediante una línea de conexión de datos o mediante una red. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos está adaptado para enviar la primera imagen óptica y la segunda imagen óptica al dispositivo de procesamiento de datos. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos y/o el dispositivo de procesamiento de datos comprende un dispositivo de salida de datos, p. ej., un monitor. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos está configurado para recibir una salida tal como una información 3D o una modificación. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos está configurado para generar/visualizar una salida en el dispositivo de salida de datos. Preferiblemente, el dispositivo de salida de datos está conectado al dispositivo de intercambio de datos.

30

35

40

El dispositivo de intercambio de datos y el dispositivo de procesamiento de datos pueden implementarse, p. ej., en un único sistema, p. ej., en forma de códigos de programa respectivos en un único ordenador o en forma de componentes electrónicos respectivos implementados en el mismo dispositivo electrónico. El dispositivo de procesamiento de datos puede ser, p. ej., un ordenador remoto (en una ubicación remota), p. ej., un servidor accesible mediante Internet. Preferiblemente, el dispositivo de procesamiento de datos recibe las imágenes del dispositivo de intercambio de datos y calcula una información 3D o una modificación. Preferiblemente, el dispositivo de procesamiento de datos almacena la información 3D calculada o la modificación, p. ej., en una memoria o en una unidad de disco duro. Preferiblemente, el dispositivo de procesamiento de datos envía la información 3D calculada o la modificación a un dispositivo de intercambio de datos o a cualquier dispositivo para visualizar la información 3D o la modificación. Preferiblemente, el dispositivo de intercambio de datos puede estar incluso parcial o totalmente integrado en cualquiera o en todos los dispositivos de formación de imágenes.

45

50

En una octava realización de la invención, el objeto se logra mediante un programa informático (producto) que comprende instrucciones para hacer que el dispositivo de procesamiento de datos de la cuarta y quinta realización ejecute las etapas del procedimiento según la primera y segunda realización.

55

Realizaciones ejemplares de la invención se explican con más detalle por medio de las ilustraciones:

La figura 1 muestra un diagrama de flujo ejemplar de la primera realización.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo ejemplar de la segunda realización.

La figura 3a muestra un esbozo de una nube de puntos.

La figura 3b muestra un esbozo de una reconstrucción de una superficie 3D.

Las figuras 4a y 4b son reproducciones de una nube de puntos 3D calculada.

La figura 5 es una configuración esquemática de un sistema según la sexta y séptima realización.

5 La figura 6 es una configuración esquemática alternativa de un sistema según la sexta y séptima realización.

La figura 1 muestra una primera realización de la invención de un procedimiento para la determinación de una información (90) 3D, especialmente una nube (80) de puntos, de una parte (55) interna de un recipiente (50) metalúrgico, en este ejemplo, el recipiente (50) metalúrgico es un cucharón (50) sin utilizar, es decir un cucharón (50) con un revestimiento (57) refractario nuevo en la parte interna (en el interior) del cucharón (50). El procedimiento comprende las etapas de proporcionar (100) el cucharón (50), capturar (110) una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del cucharón (50), desde una posición (22) fija del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del cucharón (50), con un primer eje (23) óptico fijo, mediante un primer dispositivo (20) de formación de imágenes, que es una cámara digital Full HD con 1.555.200 píxeles; capturar (120) una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del cucharón (50), desde una posición (32) fija del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del cucharón (50), con un segundo eje (33) óptico fijo, mediante un segundo dispositivo (30) de formación de imágenes que es una cámara digital Full HD con 1.555.200 píxeles; capturar una tercera imagen (41) óptica de por lo menos una tercera parte (53) interna del cucharón (50), desde una tercera posición fija del dispositivo (42) de formación de imágenes fuera del cucharón (50), con un tercer eje (43) óptico fijo, mediante un tercer dispositivo (40) de formación de imágenes que es una cámara digital Full HD con 1.555.200 píxeles, considerando que en este ejemplo el solapamiento entre la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica es del 70 % y el solapamiento entre la segunda imagen (31) óptica y la tercera imagen (41) óptica es del 70 %, el solapamiento entre la tercera imagen (41) óptica y la primera imagen (21) óptica es del 70 %, luego calcular (130) una nube (80) de puntos 3D que contiene 1.500.000 puntos $P_i(t_0) = P_i(x_i, y_i, z_i)$ en una etapa de tiempo t_0 , con $i=1..1.500.000$, de por lo menos una parte (55) interna del cucharón (50) de por lo menos la primera imagen (21) óptica, la segunda imagen (31) óptica y la tercera imagen (41) óptica; además almacenar (140) en la memoria de un ordenador y en una unidad remota (red) en forma de una estructura (91) de datos, p. ej., en forma de un archivo legible por ordenador, una información (90) 3D del cucharón (50), comprendiendo la información (90) 3D la nube (80) de puntos 3D de por lo menos una parte (55) interna del cucharón (50), es decir los puntos $P_i(t_0)$ y opcionalmente una información de color (p. ej., C_i) para cada punto P_i , con $i=1..1.000.000$.

La figura 2 muestra una segunda realización de la invención de un procedimiento para determinar una modificación de una parte (55) interna de un recipiente (50) metalúrgico, considerando que en este ejemplo, el recipiente (50) metalúrgico es un cucharón (50) utilizado, es decir, un cucharón (50) con un revestimiento (57) refractario desgastado en la parte interna (en el interior) del cucharón (50). El procedimiento comprende las etapas de proporcionar (100) el cucharón (50), capturar (110) una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del cucharón (50), desde una posición (22) fija del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del cucharón (50), con un primer eje (23) óptico fijo, mediante un primer dispositivo (20) de formación de imágenes, que es una cámara digital Full HD con 1.555.200 píxeles; capturar (120) una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico, desde una posición (32) fija del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del cucharón (50), con un segundo eje (33) óptico fijo, mediante un segundo dispositivo (30) de formación de imágenes que es una cámara digital Full HD con 1.555.200 píxeles; considerando que en este ejemplo el solapamiento entre la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica es del 70 %, entonces calcular (130) una reconstrucción de una superficie (81) 3D que contiene una malla que conecta 1.000.000 de puntos $P_i(t_1) = P_i(x_i, y_i, z_i)$ en una etapa de tiempo t_1 , con $i=1..1.000.000$, de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico de por lo menos la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica. Además, el procedimiento comprende determinar (240) una modificación, en este ejemplo la modificación es la cantidad de desgaste del revestimiento desde la campaña del horno anterior del cucharón (50) de por lo menos una parte (55) interna del cucharón (50). Esta determinación (240) se basa en la comparación de la reconstrucción (81) de una superficie 3D calculada (etapa de tiempo $t=t_1$) con una reconstrucción (81) de una superficie 3D previamente almacenada (etapa de tiempo $t=t_0$) del cucharón (50), considerando que la reconstrucción (81) de una superficie 3D previamente almacenada se carga desde una unidad remota (red) en forma de una estructura (91) de datos, tal como un archivo legible por ordenador que contiene la reconstrucción de una superficie (81) 3D del mismo cucharón (50) antes de la campaña del horno anterior. Además, el procedimiento comprende enviar (250) una salida basada en la modificación determinada de un cucharón (50). Aquí esta salida comprende una tabla legible por ordenador con los valores absolutos (en mm) del desgaste del revestimiento (57) refractario en varias posiciones dentro del cucharón (50) (tal como en la zona de escoria, o en el fondo del cucharón).

En una realización alternativa, se siguen las mismas etapas como se describen anteriormente en relación con la figura 2, excepto que la etapa del procedimiento de determinar (240) una modificación se altera en este ejemplo de modo que la modificación es la cantidad de desgaste del revestimiento desde el primer uso del cucharón (50) y el grosor de pared residual resultante del revestimiento (57) refractario de por lo menos una parte (55) interna del cucharón (50). Esta determinación (240) se basa en la comparación de la reconstrucción (81) de una superficie 3D calculada con la

reconstrucción (81) de una superficie 3D previamente almacenada, que se carga desde una unidad remota (red) en forma de una estructura (91) de datos, tal como un archivo legible por ordenador que contiene la reconstrucción (81) de la superficie 3D del mismo cucharón (50) pero sin utilizar, es decir, el mismo cucharón (50) con un revestimiento (57) refractario nuevo y los grosores de pared iniciales. En esta realización alternativa, el procedimiento comprende enviar (250) una salida basada en la modificación determinada del cucharón (50) a un sistema (5) de formación de imágenes. El sistema (5) de formación de imágenes está programado para recibir información (90) 3D desde un dispositivo (60) de procesamiento de datos. El sistema (5) de formación de imágenes puede presentar la información 3D recibida en un dispositivo (70) de salida de datos, p. ej., un monitor, o procesar adicionalmente los datos recibidos. Aquí esta salida comprende una tabla legible por ordenador con los valores absolutos (en mm) del grosor de pared residual del revestimiento (57) refractario en varias posiciones dentro del cucharón (50) (tal como en la zona de escoria, o en el fondo del cucharón). De forma alternativa, la determinación de una modificación puede ser tal que una determinada modificación se proporciona como una señal (65), p. ej., una señal (65) de advertencia, cuando el grosor de pared residual del revestimiento (57) refractario se encuentra fuera de un determinado umbral.

La figura 3a muestra una nube de puntos esquemática que comprende 16 puntos $P_i(t) = P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i=1..16$, en una determinada etapa de tiempo t , en una representación en un sistema de coordenadas con un eje x y z . Cada uno de los puntos P_i están representados con tres variables x_i, y_i, z_i que indican las coordenadas del punto respectivo. En ese sentido el punto P_i está representado por las coordenadas x_i, y_i, z_i . Los puntos P_i se pueden representar gráficamente como una representación 2D de un cuerpo 3D, p. ej., en una pantalla de ordenador. El cuerpo 3D se puede ver desde diferentes direcciones, al aplicar transformaciones rotacionales en los puntos P_i . Los puntos P_i se pueden almacenar en forma de una estructura (91) de datos, tal como un archivo legible por ordenador en un formato legible por ordenador, como p. ej., en una lista, donde cada línea contiene las coordenadas x, y y z de un punto respectivo.

La figura 3b muestra una reconstrucción de una superficie (81) 3D. La reconstrucción (81) de la superficie 3D comprende una malla/una cuadrícula que conecta la nube (80) de puntos 3D, así la nube (80) de puntos con los puntos $P_i(t) = P_i(x_i, y_i, z_i)$ abarcan la superficie (81) reconstruida.

La figura 4a y la figura 4b muestran dos secciones diferentes de la misma información (80) 3D calculada de una parte (55) interior de un cucharón (50) (aquí se muestra la nube (80) de puntos 3D del revestimiento (57) refractario) obtenida mediante la presente invención. La nube (80) de puntos 3D comprende en total 10 millones de puntos $P_i(t) = P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i=1..10.000.000$. Las figuras 4a y 4b muestran una representación 2D de esta nube (80) de puntos 3D. Al aplicar varias operaciones matriciales sobre esta nube (80) de puntos, es decir sobre cada punto P_i , es posible inclinar la nube (80) de puntos 3D del cucharón (50) interior o hacer zoom en el cucharón (50) e inspeccionar en detalle la superficie del revestimiento (57) refractario. Aquí, la figura 4a muestra una descripción general de toda la nube (80) de puntos 3D, mientras que la figura 4b muestra una sección (girada y ampliada) de la misma nube (80) de puntos 3D, que pone al descubierto detalles del revestimiento (57) refractario. Como se muestra arriba en relación con la segunda realización, también es posible determinar una modificación de un cucharón (50) basándose en la nube (80) de puntos 3D calculada, tal como, p. ej., la determinación del desgaste durante una determinada campaña del horno. La nube (80) de puntos 3D que se muestra en las figuras 4a y 4b se puede almacenar, p. ej., en una unidad remota (red) en forma de una estructura (91) de datos, tal como un archivo legible por ordenador. El archivo legible por ordenador comprende la información (90) 3D, en este ejemplo la información (90) 3D comprende la nube (80) de puntos 3D en forma de una lista, donde cada línea contiene las coordenadas x, y y z de un punto respectivo P_i , y además una información de intensidad para cada punto P_i .

La figura 5 muestra una configuración esquemática de un sistema (10) según la invención. Se muestra un sistema (10) para la determinación de información (90) 3D de una parte (55) interna de un recipiente (50) metalúrgico, el sistema comprende un sistema (5) de formación de imágenes conectado a un dispositivo (60) de procesamiento de datos. El sistema (5) de formación de imágenes comprende un primer dispositivo (20) de formación de imágenes para capturar una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (22) fija del primer dispositivo de formación de imágenes, con un primer eje (23) óptico fijo, que es una cámara digital 4K con 8.294.400 píxeles, y un segundo dispositivo (30) de formación de imágenes para capturar una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (32) fija del segundo dispositivo de formación de imágenes, con un segundo eje (33) óptico fijo, que es una cámara digital 4K con 8.294.400 píxeles y un tercer dispositivo (40) de formación de imágenes para capturar una tercera imagen (41) óptica de por lo menos una tercera parte (53) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (42) fija del tercer dispositivo de formación de imágenes, con un tercer eje (43) óptico fijo, que es una cámara digital 4K con 8.294.400 píxeles. El sistema (5) de formación de imágenes incluye además un dispositivo (61) de intercambio de datos adaptado para recibir las imágenes (21, 31, 41) ópticas desde el dispositivo (20, 30, 40) de formación de imágenes y enviar las imágenes (21, 31, 41) ópticas al dispositivo (60) de procesamiento de datos. El primer dispositivo (20) de formación de imágenes, el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes y el tercer dispositivo (40) de formación de imágenes están montados en una posición fija en un bastidor (15) conectado al suelo, de modo que los dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes están dirigidos hacia el cucharón (50) que descansa en el lugar de reparación del cucharón. El primer eje (23) óptico fijo, el segundo eje (33) óptico fijo y el tercer eje (43) óptico fijo intersecan en el lugar de reparación del cucharón y el ángulo (α) respectivo entre las direcciones definidas por estos ejes es de aproximadamente 7° . La distancia entre cada una de la posición (22) fija del primer dispositivo de formación de imágenes, la posición (32) fija del segundo dispositivo de formación de imágenes y la posición (42) fija del tercer dispositivo de formación de imágenes es de 2 m, estando colocadas las tres posiciones en

las esquinas de un triángulo equilátero de 2 m de longitud de lado. Se utilizó un cucharón (50) como recipiente (50) metalúrgico, el cucharón (50) se coloca en el lugar de reparación del cucharón, el cucharón (50) se encuentra en el estado caliente, con una temperatura de aproximadamente 800°C de la superficie del revestimiento refractario. La distancia del primer dispositivo (20) de formación de imágenes, el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes y el tercer dispositivo (40) de formación de imágenes desde el cucharón (50) (es decir, hasta la parte más cercana del cucharón (50), que es el anillo del cucharón (50)) es para todos los dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes 10 m. Esto produce una relación entre la distancia de la posición (22) del primer dispositivo de formación de imágenes y la posición (32) del segundo dispositivo de formación de imágenes con la distancia desde el recipiente (50) metalúrgico a su posición (22, 32, 42) del dispositivo de formación de imágenes más cercana de 0,2. Los dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes estaban protegidos por una pantalla (24, 34, 44) térmica, aquí por una carcasa metálica. La región de solapamiento en relación con el contenido total de imagen de la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica es del 75 %, de la segunda imagen (31) óptica y de la tercera imagen (41) óptica es del 75 %, de la tercera imagen (41) óptica y la primera imagen (21) óptica es del 75 %. Los tres dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes están sincronizados y la captura de la primera imagen (21) óptica, la segunda imagen (31) óptica y la tercera imagen (41) óptica se realiza en 150 milisegundos. La figura 5 también muestra un dispositivo (60) de procesamiento de datos, que puede recibir una primera imagen (21) óptica, una segunda imagen (31) óptica, una tercera imagen (41) óptica del recipiente (50) metalúrgico desde el dispositivo (61) de intercambio de datos del dispositivo (20) de formación de imágenes mediante cables que conectan cada uno de los dispositivos (21, 31, 41) de formación de imágenes con el dispositivo (61) de intercambio de datos. En este ejemplo, el dispositivo (60) de procesamiento de datos y el dispositivo (61) de intercambio de datos están implementados en un ordenador personal industrial, programado para realizar la etapa de calcular (130) una reconstrucción de una superficie (81) 3D de una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico a partir de la primera imagen (21) óptica, la segunda imagen (31) óptica y la tercera imagen (41) óptica, y además para almacenar (140) una información (90) 3D de una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico, comprendiendo la información (90) 3D la nube (80) de puntos 3D. De forma alternativa, el dispositivo (60) de procesamiento de datos está programado para calcular (230) una reconstrucción de una superficie (81) 3D de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico a partir de por lo menos la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica; además para determinar (240) la modificación de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico basándose en la comparación de la reconstrucción (81) de una superficie 3D calculada con una reconstrucción (81) de una superficie 3D previamente almacenada del recipiente (50) metalúrgico; y también para enviar (250) una salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte (55) interna de un recipiente (50) metalúrgico a un sistema (5) de formación de imágenes, donde la salida puede, p. ej., visualizarse o procesarse adicionalmente.

El dispositivo (60) de procesamiento de datos del ejemplo de la figura 5 es un PC industrial que está conectado mediante un dispositivo (61) de intercambio de datos (que forma parte del dispositivo (60) de procesamiento de datos) a los dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes para activar la captura de las imágenes (21, 31, 41) ópticas y para obtener directamente las imágenes (21, 31, 41) ópticas en la memoria del dispositivo (60) de procesamiento de datos. Aquí, el dispositivo (61) de intercambio de datos utiliza las entradas estándar del dispositivo (60) de procesamiento de datos (aquí: un PC industrial) y está implementado como software en el dispositivo (60) de procesamiento de datos. El sistema (10) comprende además un dispositivo (70) de salida de datos, diseñado para generar una modificación del recipiente metalúrgico; el dispositivo (70) de salida de datos en este ejemplo es un monitor.

La figura 6 muestra una configuración alternativa a la descrita en la figura 5 con las siguientes diferencias: aquí el dispositivo (60) de procesamiento de datos está en una ubicación remota, es decir, una ubicación diferente que el dispositivo (61) de intercambio de datos y los dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes. El dispositivo (60) de procesamiento de datos está conectado mediante un dispositivo (61) de intercambio de datos (que es un dispositivo local independiente) a los dispositivos (20, 30, 40) de formación de imágenes. El dispositivo de intercambio de datos está programado para activar la captura de las imágenes (21, 31, 41) ópticas y enviar las imágenes (21, 31, 41) ópticas al dispositivo (60) de procesamiento de datos. En este caso, el dispositivo (61) de intercambio de datos y el dispositivo (61) de procesamiento de datos son PC industriales independientes locales separados. La conexión desde el dispositivo (61) de intercambio de datos al dispositivo (60) de procesamiento de datos se realiza mediante una conexión de red. El dispositivo (60) de procesamiento de datos realizará las etapas de cálculo como se describe anteriormente y enviará la salida de vuelta al dispositivo (61) de intercambio de datos. El sistema (10) además comprende un dispositivo (70) de salida de datos, diseñado para generar una modificación del recipiente metalúrgico, el dispositivo (70) de salida de datos en este ejemplo es un monitor y el dispositivo (70) de salida de datos está conectado al dispositivo (61) de intercambio de datos.

Lista de números de referencia y factores:

- 5 Sistema de formación de imágenes para la determinación de una información (90) 3D
- 10 Sistema para la determinación de una información (90) 3D
- 15 Bastidor
- 60 20 Primer dispositivo de formación de imágenes

- 21 Primera imagen óptica
- 22 Posición del primer dispositivo de formación de imágenes
- 23 Primer eje óptico
- 24 Primera pantalla térmica
- 5 30 Segundo dispositivo de formación de imágenes
- 31 Segunda imagen óptica
- 32 Posición del segundo dispositivo de formación de imágenes
- 33 Segundo eje óptico
- 34 Segunda pantalla térmica
- 10 40 Tercer dispositivo de formación de imágenes
- 41 Tercera imagen óptica
- 42 Posición del tercer dispositivo de formación de imágenes
- 43 Tercer eje óptico
- 44 Tercera pantalla térmica
- 15 50 Recipiente metalúrgico
- 51 Primera parte interna del recipiente (50) metalúrgico
- 52 Segunda parte interna del recipiente (50) metalúrgico
- 53 Tercera parte interna del vaso metalúrgico (50)
- 55 Parte interna del recipiente (50) metalúrgico
- 20 57 Revestimiento refractario del recipiente (50) metalúrgico
- 60 Dispositivo de procesamiento de datos
- 61 Dispositivo de intercambio de datos
- 65 Señal
- 70 Dispositivo de salida de datos
- 25 80 Nube de puntos 3D
- 81 Reconstrucción de superficies 3D
- 82 Objeto 3D
- 90 Información 3D
- 91 Estructura de datos
- 30 100 Proporcionar un recipiente (50) metalúrgico
- 110 Capturar una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (22) del primer dispositivo de formación de imágenes, con un primer eje (23) óptico mediante un primer dispositivo (20) de formación de imágenes
- 35 120 Capturar una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (32) del segundo dispositivo de formación de imágenes, con un segundo eje (33) óptico mediante un segundo dispositivo (30) de formación de imágenes
- 121 Capturar imágenes (41) ópticas adicionales de por lo menos otras partes (53) internas del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (42) del dispositivo de formación de imágenes adicional, con un eje (43) óptico adicional mediante un tercer dispositivo (40) de formación de imágenes

- 130 Calcular (130) una información (90) 3D, tal como una nube (80) de puntos o una reconstrucción de una superficie (81) 3D o un objeto (82) 3D, de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico de por lo menos la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica
- 140 Almacenar (140) la información (90) 3D de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico
- 5 200 Proporcionar un recipiente (50) metalúrgico
- 210 Capturar una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (22) del primer dispositivo de formación de imágenes, con un primer eje (23) óptico mediante un primer dispositivo (20) de formación de imágenes
- 10 220 Capturar una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico desde una posición (32) del segundo dispositivo de formación de imágenes, con un segundo eje (33) óptico mediante un segundo dispositivo (30) óptico de formación de imágenes
- 230 Calcular (230) una información (90) 3D, tal como una nube (80) de puntos o una reconstrucción de una superficie (81) 3D o un objeto (82) 3D, de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico de por lo menos la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica
- 15 240 Determinar (240) una modificación de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico basándose en la comparación de la información (90) 3D calculada con una información (90) 3D previamente almacenada del recipiente (50) metalúrgico.
- 250 Generar (250) una salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico
- 20 α ángulo entre las direcciones definidas por cualquier par de: primer eje (23) óptico, segundo eje (33) óptico, tercer eje (43) óptico

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación de una información (90) 3D, especialmente de una nube (80) de puntos o de una reconstrucción de una superficie (81) 3D o de un objeto (82) 3D, de una parte (55) interna de un recipiente (50) metálgico que comprende las etapas de:

5 - proporcionar (100) un recipiente (50) metálgico;

- capturar (110) una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metálgico, desde una posición (22) del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente (50) metálgico, con un primer eje (23) óptico, mediante un primer dispositivo (20) de formación de imágenes;

10 - capturar (120) una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metálgico, desde una posición (32) del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente (50) metálgico, con un segundo eje (33) óptico, mediante un segundo dispositivo (30) de formación de imágenes;

- calcular (130) una información (90) 3D, tal como una nube (80) de puntos o una reconstrucción de una superficie (81) 3D o un objeto (82) 3D, de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metálgico de por lo menos la primera imagen (21) óptica y la segunda imagen (31) óptica; caracterizado por que

15 - la primera imagen (21) óptica se captura desde una posición (22) fija del primer dispositivo de formación de imágenes con un primer eje (23) óptico fijo y considerando que la segunda imagen (31) óptica se captura desde una posición (32) fija del segundo dispositivo de formación de imágenes con un segundo eje (33) óptico fijo.

2. Procedimiento según la reivindicación 1 que además comprende:

20 - determinar (240) una modificación de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metálgico basándose en la comparación de la información (90) 3D calculada con una información (90) 3D previamente almacenada del recipiente (50) metálgico.

25 3. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, considerando que la por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metálgico en la primera imagen (21) óptica y la por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metálgico en la segunda imagen óptica (52) se superponen, preferiblemente la región de solapamiento en relación con el contenido total de imagen de una cualquiera de las imágenes ópticas capturadas es por lo menos el 50 %.

30 4. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, considerando que las etapas de capturar imágenes (21, 31) ópticas, tales como capturar la primera (21) y la segunda imagen (31) óptica, se realizan en 1.000 milisegundos, preferiblemente en 500 milisegundos, más preferiblemente dentro de 250 milisegundos, mediante los dispositivos de formación de imágenes, que están sincronizados.

5. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, considerando que ninguno de los dispositivos de formación de imágenes, tales como, por ejemplo, el primer dispositivo (20) de formación de imágenes y el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes está montado en un manipulador móvil o en un brazo móvil de un robot.

35 6. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, considerando que la captura (210) de una primera imagen (21) óptica se realiza mediante un primer dispositivo (20) de formación de imágenes calibrado y la captura (220) de una segunda imagen (31) óptica se realiza mediante un segundo dispositivo (30) óptico de formación de imágenes calibrado.

40 7. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia mínima desde el recipiente (50) metálgico hasta el dispositivo (20, 30) de formación de imágenes más cercano está en el intervalo de 3 m a 30 m.

45 8. Procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones anteriores, considerando que la relación entre la distancia de la posición (22) del primer dispositivo de formación de imágenes y la posición (32) del segundo dispositivo de formación de imágenes con respecto a la distancia desde el recipiente (50) metálgico al dispositivo (21, 31) de formación de imágenes más cercano está en el intervalo de 0,03 a 0,7, preferiblemente entre 0,06 y 0,4, más preferiblemente de 0,1 a 0,3.

50 9. Sistema (5) de formación de imágenes para enviar una primera imagen (21) óptica y una segunda imagen (31) óptica a un dispositivo (60) de procesamiento de datos para determinar una modificación o una información (90) 3D, especialmente de una nube (80) de puntos o de una reconstrucción de una superficie (81) 3D o de un objeto (82) 3D, de una parte (55) interna de un recipiente (50) metálgico que comprende:

- un primer dispositivo (20) de formación de imágenes para capturar una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metálgico, desde una posición (22) del primer dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente (50) metálgico, con un primer eje (23) óptico;

- un segundo dispositivo (30) de formación de imágenes para capturar una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico, desde una posición (32) del segundo dispositivo de formación de imágenes fuera del recipiente (50) metalúrgico, con un segundo eje (33) óptico;
 - 5 - un dispositivo (61) de intercambio de datos conectado al primer dispositivo (20) de formación de imágenes y al segundo dispositivo (30) de formación de imágenes, estando programado el dispositivo (61) de intercambio de datos para:
 - recibir una primera imagen (21) óptica desde el primer dispositivo (20) de formación de imágenes;
 - recibir una segunda imagen (31) óptica desde el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes;
 - enviar la primera imagen (21) óptica a un dispositivo (60) de procesamiento de datos;
 - 10 - enviar una segunda imagen (31) óptica a un dispositivo (60) de procesamiento de datos;
 - opcionalmente, recibir una salida basada en una modificación determinada o una información (90) 3D, preferiblemente desde un dispositivo (60) de procesamiento de datos
- caracterizado por que
- 15 - el primer dispositivo (20) de formación de imágenes para capturar una primera imagen (21) óptica está montado en una posición (22) fija del primer dispositivo de formación de imágenes con un primer eje (23) óptico fijo;
 - y considerando que el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes para capturar una segunda imagen (31) óptica está montado en una posición (32) fija del segundo dispositivo de formación de imágenes con un segundo eje (33) óptico fijo.
 - 10. Sistema (5) de formación de imágenes según la reivindicación 9, considerando que
 - 20 el primer dispositivo (20) de formación de imágenes para capturar una primera imagen (21) óptica no está montado en un manipulador móvil o en un brazo móvil de un robot;
 - y considerando que el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes para capturar una segunda imagen (31) óptica no está montado en un manipulador móvil o en un brazo móvil de un robot.
 - 11. Sistema (5) de formación de imágenes según por lo menos una de las reivindicaciones 9 a 10, considerando que
 - 25 el primer dispositivo (20) de formación de imágenes para capturar una primera imagen (21) óptica es un primer dispositivo (20) de formación de imágenes calibrado;
 - y el segundo dispositivo (30) de formación de imágenes para capturar una segunda imagen (31) óptica es un segundo dispositivo (30) óptico de formación de imágenes calibrado.
 - 30 12. Dispositivo de procesamiento de datos (60) para la determinación de una información (90) 3D, especialmente de una nube (80) de puntos o de una reconstrucción de una superficie (81) 3D o de un objeto (82) 3D, de una parte (55) interna de un recipiente (50) metalúrgico programado para:
 - recibir una primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metalúrgico, desde el primer dispositivo de formación de imágenes de un sistema (5) de formación de imágenes según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11;
 - 35 - recibir una segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico desde el segundo dispositivo de formación de imágenes de un sistema (5) de formación de imágenes según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11;
 - calcular (130) una información (90) 3D, tal como una nube (80) de puntos o una reconstrucción de una superficie (81) 3D o un objeto (82) 3D, de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico de por lo menos la primera imagen (21) óptica obtenida y la segunda imagen (31) óptica obtenida;
 - 40 - opcionalmente, enviar (140) la información (90) 3D de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico, preferiblemente a un sistema (5) de formación de imágenes.
 - 13. Dispositivo (60) de procesamiento de datos según la reivindicación 12, programado además para:
 - 45 - determinar (240) una modificación de la por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico basándose en la comparación de la información (90) 3D calculada con una información (90) 3D previamente almacenada del recipiente (50) metalúrgico;

- opcionalmente, enviar (250) una salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico, preferiblemente a un dispositivo (61) de intercambio de datos de un sistema (5) de formación de imágenes.

5 14. Sistema (10) para la determinación de una modificación o de una información (90) 3D, especialmente de una nube (80) de puntos o de una reconstrucción de una superficie (81) 3D o de un objeto (82) 3D, de una parte interna (55) de un recipiente (50) metalúrgico que comprende:

- un sistema (5) de formación de imágenes según por lo menos una de las reivindicaciones 9 a 11 conectado a un dispositivo (60) de procesamiento de datos de por lo menos una de las reivindicaciones 12 a 13;

10 - considerando que el dispositivo (61) de intercambio de datos del sistema (5) de formación de imágenes está programado para:

- enviar la primera imagen (21) óptica al dispositivo (60) de procesamiento de datos;

- enviar la segunda imagen (31) óptica al dispositivo (60) de procesamiento de datos

- recibir la información (90) 3D o la salida basada en la modificación determinada desde el dispositivo (60) de procesamiento de datos;

15 - considerando que el dispositivo (60) de procesamiento de datos está programado para:

- recibir la primera imagen (21) óptica de por lo menos una primera parte (51) interna del recipiente (50) metalúrgico desde el dispositivo (61) de intercambio de datos del sistema (5) de formación de imágenes;

- recibir la segunda imagen (31) óptica de por lo menos una segunda parte (52) interna del recipiente (50) metalúrgico desde el dispositivo (61) de intercambio de datos del sistema (5) de formación de imágenes;

20 - enviar (140) la información (90) 3D calculada o la salida basada en la modificación determinada de por lo menos una parte (55) interna del recipiente (50) metalúrgico, al dispositivo (61) de intercambio de datos del sistema (5) de formación de imágenes.

15. Sistema (10) según la reivindicación 14, considerando que el sistema (10) está configurado para ejecutar las etapas del procedimiento según por lo menos una de las reivindicaciones 1 a 8.

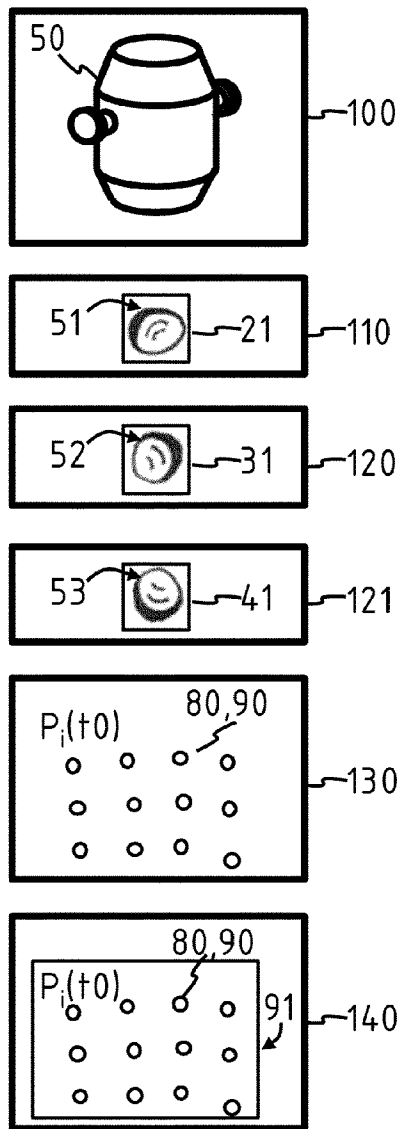


Fig. 1

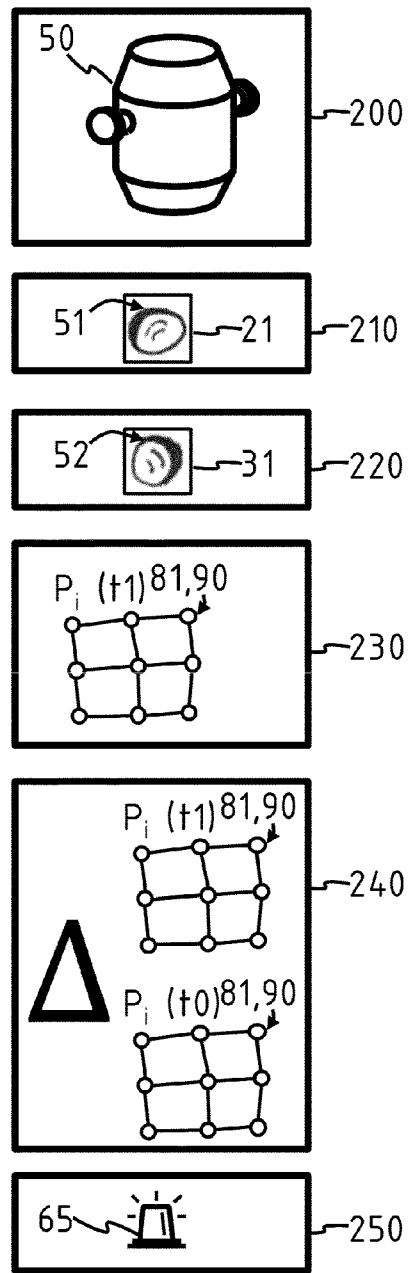


Fig. 2

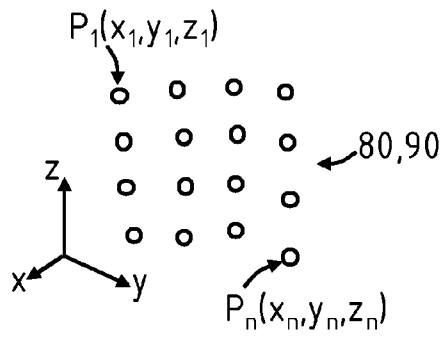


Fig. 3a

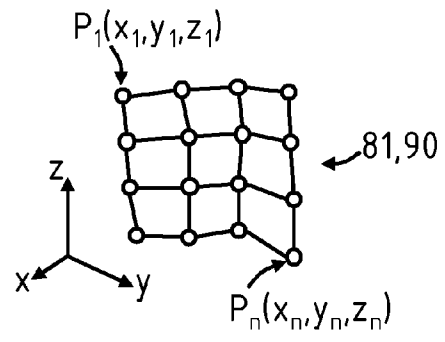


Fig. 3b



Fig. 4a

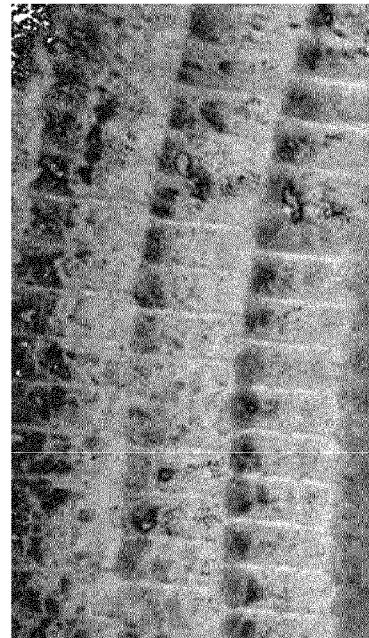


Fig. 4b

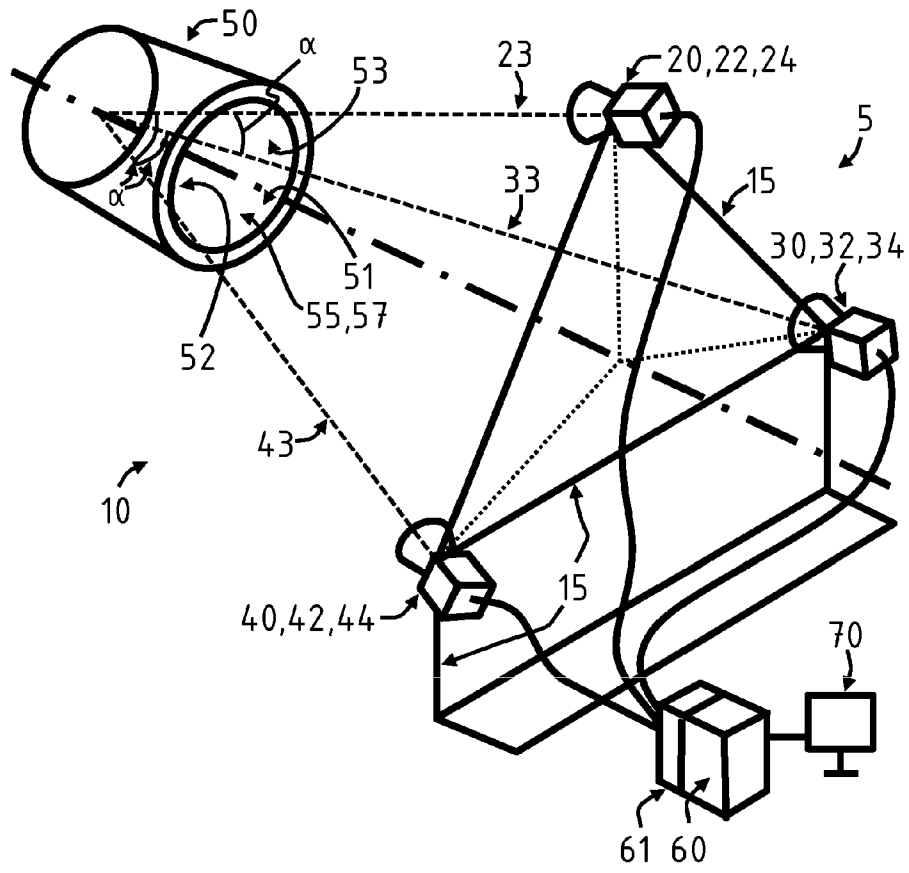


Fig. 5

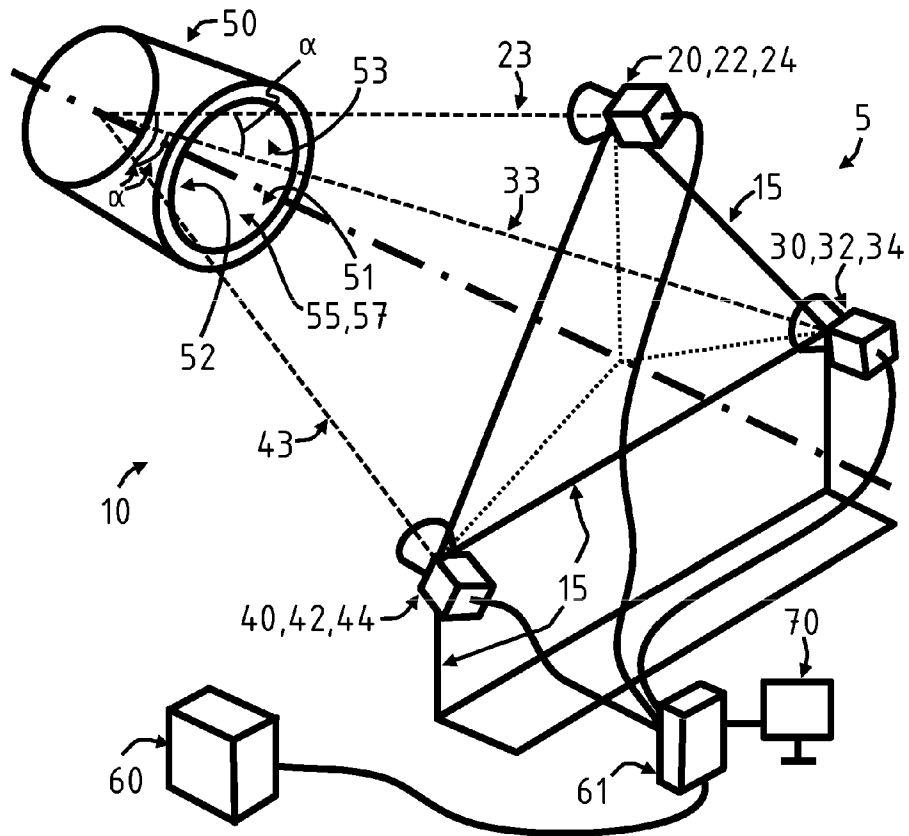


Fig. 6