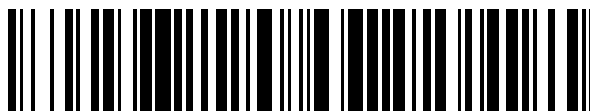


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 925**

51 Int. Cl.:

**G01B 7/02** (2006.01)

**C10B 37/02** (2006.01)

**C10B 41/00** (2006.01)

**G01B 7/06** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2017 PCT/IB2017/052679**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.11.2017 WO17195098**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2017 E 17722518 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3455581**

54 Título: **Procedimiento para obtener una altura de un material apilado en un horno de coque**

30 Prioridad:

**13.05.2016 WO PCT/IB2016/052783**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.10.2020**

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)  
24-26, Boulevard d'Avranches  
1160 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**LOPEZ FRESNO, JOSÉ;  
GARCIA CIMADEVILLA, JOSÉ LUIS y  
FERNANDEZ LOPEZ, JUAN JOSÉ**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 787 925 T3

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

## DESCRIPCIÓN

### Procedimiento para obtener una altura de un material apilado en un horno de coque

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento para obtener un parámetro representativo de una altura de una superficie superior de un material apilado en un horno de coque con respecto a un plano de referencia. Dicho procedimiento se refiere en particular a la medición del nivel de carbón a granel o coque.
- 10 **[0002]** La invención también se refiere a un proceso para controlar la velocidad de llenado del horno de coque, y a un sistema para implementar el procedimiento, y a un horno de coque que incluye el sistema.
- [0003]** La cámara de un horno de coque se llena con carbón generalmente a través de orificios de llenado, lo que tiende a formar conos de carbón a granel debajo de los orificios. Para empujar el carbón a granel en la cámara y nivelarlo, se introduce una barra niveladora en la cámara y se mueve a lo largo de una dirección longitudinal con respecto al horno de coque.
- 15 **[0004]** El documento DE-A-10 2005 007164 describe un procedimiento para nivelar conos de carbón en un horno de coque usando una placa niveladora horizontal que se desliza al interior del horno. Se monta un sensor en su borde frontal para detectar el contacto con los conos. Por razones de productividad, es importante asegurarse de que el horno esté suficientemente lleno, evaluando un nivel de llenado del horno. También es importante detectar si un horno está suficientemente lleno, ya que cargar un horno que ya está lleno puede provocar la formación de polvo que es perjudicial para el medio ambiente.
- 20 **[0005]** El nivel de carbón a granel o coque se mide a través de los orificios usando procedimientos conocidos para resistir las altas temperaturas y la cantidad de polvo en el horno de coque. Por ejemplo, sensores mecánicos o de radar capaces de detectar la superficie del carbón se han usado a través de los orificios de llenado.
- 25 **[0006]** Por ejemplo, el documento KR-A-2008099699 describe un procedimiento para medir un nivel de llenado de carbón usando un sensor láser montado sobre una base de soporte conectada a un carro de llenado.
- 30 **[0007]** El documento JP-A-2005306976 describe un nivel de llenado de carbón usando un medidor de nivel de microondas en la parte superior de una tolva de suministro de carbón.
- [0008]** El documento DE-A-10 2005 007172 también describe un procedimiento sin contacto que implica dispositivos láser, de radar o ultrasónicos.
- 35 **[0009]** Sin embargo, esta forma de controlar el nivel de carbón a granel o coque no es completamente satisfactoria, ya que lleva tiempo y los orificios de llenado deben permanecer abiertos durante la medición. Como resultado, se crea un riesgo para los trabajadores que realizan las mediciones o trabajan alrededor del horno de coque. Además, la cantidad de hornos de coque que se pueden medir diariamente y la precisión del control de nivel son limitadas, lo que afecta negativamente a la productividad. Además, estas mediciones son locales y están limitadas a un área cercana a los orificios de carga, de modo que la altura de carbón a granel o coque en el resto del horno permanece desconocida, por ejemplo, entre los orificios de carga y en la entrada/salida del horno de coque.
- 40 **[0010]** El documento US-A-2010/276269 describe un procedimiento para medir un perfil en 3D de carbón en un horno de coque, usando un sensor sin contacto en una varilla niveladora. El sensor puede estar basado en rayos láser, microondas y/o ultrasonidos. Sin embargo, este dispositivo no funciona correctamente en entornos con mucho polvo o humos, tal como durante la carga de carbón, y requiere un mantenimiento o limpieza regular para proporcionar mediciones precisas.
- 50 **[0011]** Dichos procedimientos proporcionan señales que no siempre son muy estables. También pueden resultar costosos, debido al mantenimiento o protección del equipo en un entorno muy agresivo con altas temperaturas y polvo.
- 55 **[0012]** Un objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento que permita en particular la determinación rápida y precisa de un nivel de carbón a granel o coque en un horno, independientemente de las condiciones ambientales. Un objetivo adicional de la invención es mejorar la productividad del horno, al tiempo que reduce su impacto medioambiental y aumenta la seguridad de los trabajadores.
- 60 **[0013]** Con este fin, la invención propone un procedimiento según la reivindicación 1.
- [0014]** En otras realizaciones, el procedimiento comprende una o varias de las características correspondientes a las reivindicaciones 2 a 5, tomadas de forma aislada o en cualquier combinación técnica factible.
- 65 **[0015]** La invención también se refiere a un proceso según la reivindicación 6.

**[0016]** La invención también se refiere a un sistema según la reivindicación 7.

**[0017]** En otras realizaciones, el sistema comprende una o varias de las características según las 5 reivindicaciones 8 a 12, tomadas de forma aislada o en cualquier combinación técnica factible.

**[0018]** El sistema puede comprender una o varias de las siguientes características, tomadas de forma aislada o en cualquier combinación técnica factible:

- 10 - la placa tiene al menos 20 mm de espesor;
- todos los componentes electrónicos del conjunto se encuentran dentro de la carcasa protectora y se alimentan con una batería recargable también ubicada dentro de la carcasa protectora;
- el sensor comprende una o dos placas de metal;
- el conjunto comprende además un emisor de señales inalámbricas adaptado para emitir la señal de distancia; y
- 15 - el dispositivo comprende además un receptor de señales inalámbricas adaptado para recibir la señal de distancia emitida por el emisor.

**[0019]** La invención también se refiere a un sistema según la reivindicación 13.

20 **[0020]** La invención también se refiere a un horno de coque que comprende un sistema como se describió anteriormente.

**[0021]** Otras características y ventajas de la invención aparecerán al leer la siguiente descripción, dada a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 25 - La figura 1 es una vista esquemática del interior de un horno de coque según la invención.
- La figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de una barra niveladora mostrada en la figura 1,
- La figura 3 es una vista lateral de un conjunto que comprende un sensor y se muestra en las figuras 1 y 2, y
- La figura 4 es una vista en perspectiva de una carcasa protectora dentro del conjunto mostrado en las figuras 1 a 3,
- 30 - La figura 5 es un diagrama obtenido en condiciones industriales y que muestra una señal de distancia transmitida por el conjunto frente a la posición del sensor instalado en la barra niveladora mientras la barra niveladora se movía con respecto al carbón a granel.

**[0022]** La figura 1 representa un horno de coque 10 según la invención equipado con un sistema 15. El horno 35 de coque 10 está diseñado para producir coque (no representado) a partir de un material 20 apilado en el horno de coque. El material 20 es, por ejemplo, carbón a granel.

**[0023]** Como variante, el carbón a granel ya ha sido transformado en coque por el horno de coque 10 y el material 20 es coque.

40 **[0024]** El horno de coque 10 sin el sistema 15 es conocido en sí mismo. El horno de coque 10 tiene una cámara 25 que se extiende a lo largo de una dirección longitudinal X que es horizontal en el ejemplo mostrado.

**[0025]** La cámara 25 contiene el material 20 y, por ejemplo, tiene varios orificios de llenado 27 para introducir 45 el carbón a granel, por ejemplo, a lo largo de una dirección vertical Z.

**[0026]** También se define una dirección transversal Y, formando las direcciones X, Y, Z un sistema de coordenadas ortogonales.

50 **[0027]** El material 20 define una superficie superior 29, con una altura H a lo largo de la dirección vertical Z con respecto a un plano de referencia P, por ejemplo, la parte inferior del horno de coque 10. En general, la altura H varía a lo largo de la dirección longitudinal X, definiendo así un perfil a lo largo de la dirección X.

**[0028]** Como se muestra en la figura 1, el sistema 15 comprende un soporte 31, por ejemplo, una barra 55 niveladora del horno de coque.

**[0029]** Ahora se describirá un proceso según la invención.

**[0030]** Un objetivo del proceso es controlar la velocidad de llenado del horno de coque 10.

60 **[0031]** El horno de coque 10 se carga con el material 20 a través de los orificios de llenado 27. Posteriormente, la barra niveladora se mueve longitudinalmente para hacer que la superficie superior 29 sea más uniforme.

**[0032]** Un procedimiento según la invención se realiza en una pluralidad de ubicaciones X1, X2... XN a lo largo 65 de la dirección longitudinal X para obtener la altura H en estas ubicaciones, es decir, un perfil de llenado del material

20.

**[0033]** Una velocidad de llenado del horno de coque 10 se calcula, ventajosamente, usando el perfil obtenido y usando un ancho del horno de coque 10 a lo largo de la dirección transversal Y.

5

**[0034]** En una realización preferida, el perfil obtenido y/o la velocidad de llenado se transmiten a un operador o un ordenador 36 que los compara con un perfil de carga óptimo o una velocidad de llenado diana, y toma medidas para adaptar el perfil del material 20 en el horno de coque 10. Por ejemplo, se llena más material 20 a través de uno o varios de los orificios de llenado 27, y/o la barra niveladora se mueve nuevamente para aplanar el perfil.

10

**[0035]** Como variante, el ordenador 26 puede ser reemplazado por una calculadora.

**[0036]** Para realizar el procedimiento en las ubicaciones X1, X2... XN, se proporciona un sensor 47 sobre la superficie superior 29 del material 20 a una distancia de funcionamiento D1 desde el plano de referencia P y se mueve sucesivamente a lo largo de la dirección longitudinal X. El sensor 47 es portado ventajosamente por el soporte 31.

15

**[0037]** Como una variante (no mostrada), se proporciona una pluralidad de sensores, cada uno de ellos en una de las ubicaciones.

20

**[0038]** En otra variante (no mostrada), se proporcionan varios sensores y se mueven longitudinal y/o transversalmente con respecto a la superficie superior 29. Al hacerlo, se puede ajustar la precisión de cómo se cartografía la superficie superior 29.

25

**[0039]** El sensor 47 y el material 20 forman un condensador que tiene una capacitancia C, como se explica más adelante.

**[0040]** Una señal de capacitancia S1 representativa de la capacitancia C se obtiene ventajosamente a partir de un dispositivo 48 conectado eléctricamente al sensor 47.

30

**[0041]** Posteriormente se produce una señal de distancia S2 usando la señal de capacitancia S1, siendo la señal de distancia S2 representativa de una distancia D2 entre el sensor 47 y la superficie superior 29 a lo largo de la dirección vertical Z. Ventajosamente, la señal de distancia S2 proporciona directamente un valor de la distancia D2.

35

**[0042]** Finalmente, la altura H en cada ubicación se obtiene usando la señal de distancia S2 y la distancia de funcionamiento D1, basándose en el hecho de que la altura H es igual a D1 menos D2.

**[0043]** Opcionalmente, se mide un parámetro representativo de una temperatura del sensor 47, la señal de capacitancia S1 se corrige para variaciones de dicho parámetro con el fin de producir la señal de distancia S2.

40

**[0044]** Ventajosamente, la señal de capacitancia S1 se obtiene seleccionando la distancia de funcionamiento D1 de modo que la distancia D2 permanezca entre 0 cm y 60 cm.

45

**[0045]** La señal de distancia S2 se emite, ventajosamente, de forma inalámbrica desde un conjunto 33 que contiene el sensor 47. A medida que el soporte 31 se mueve longitudinalmente, el conjunto 33 emite regularmente señales de distancia que permiten determinar el perfil del material 20 a lo largo del horno de coque 10.

**[0046]** El sistema 15 se describirá ahora más detalladamente.

50

**[0047]** Como se muestra en la figura 1, el sistema 15 comprende el soporte 31, el conjunto 33 fijado al soporte, un receptor de señales inalámbricas 35 adaptado para recibir la señal de distancia S2 emitida por el conjunto, y un ordenador 36.

**[0048]** Como variante (no mostrada), si el material 20 es coque, el soporte 31 es un carro guía.

55

**[0049]** Como se ve en las figuras 1 y 2, el soporte 31 se extiende en la dirección longitudinal X por encima de la superficie superior 29. El soporte 31 es, por ejemplo, móvil longitudinalmente entre una pluralidad de ubicaciones sucesivas (no mostradas) con respecto al horno de coque 10, para colocar el sensor 47 en las ubicaciones X1, X2... XN.

60

**[0050]** El soporte 31 tiene una parte inferior 37 (parte más baja). El soporte 31, por ejemplo, comprende dos vigas longitudinales 39 espaciadas a lo largo de una dirección transversal Y perpendicular a la dirección longitudinal X, y separadores 41, 43 que se extienden transversalmente entre las vigas longitudinales.

65

**[0051]** Cada uno de los separadores 41 son, por ejemplo, planos y verticales. Los separadores 41 definen compartimentos sucesivos 45A, 45B, 45C, 45D en el soporte 31 a lo largo de la dirección longitudinal X.

**[0052]** Los separadores 43 están hechos de una varilla. Los separadores 43 están ubicados, ventajosamente, en un mismo plano horizontal P'.

5 **[0053]** Cada uno de los compartimentos 45A, 45B, 45C, por ejemplo, tiene dos separadores 43.

**[0054]** Como se ve en las figuras 1 y 2, el conjunto 33 está situado, ventajosamente, en un extremo longitudinal del soporte 31, preferentemente dentro de su estructura, por ejemplo, en el compartimento 45A.

10 **[0055]** Como se ve mejor en la figura 3, el conjunto 33 comprende el sensor 47, el dispositivo 48 para proporcionar la señal de capacitancia S1, un sensor de temperatura 49, un sistema de compensación de temperatura 51 conectado eléctricamente al dispositivo 48 y al sensor de temperatura, y un emisor de señales inalámbricas 53 conectado al sistema de compensación de temperatura y adaptado para emitir la señal de distancia S2.

15 **[0056]** El conjunto 33 comprende opcionalmente un acelerómetro 56 adaptado para proporcionar parámetros para la navegación inercial, tales como las aceleraciones del conjunto con respecto al horno a lo largo de la dirección longitudinal X, la dirección transversal Y y la dirección vertical Z.

20 **[0057]** Los componentes electrónicos dentro del conjunto 33 reciben alimentación por medio de, por ejemplo, un cable externo (no representado). Preferentemente, los componentes electrónicos dentro del conjunto 33 reciben alimentación de una batería 54. La batería 54 es ventajosamente una recargable que recibe energía inalámbrica, por ejemplo, por inducción y la libera como electricidad a los otros elementos del conjunto 33.

25 **[0058]** El conjunto 33 también incluye una carcasa protectora 55 que aloja los elementos del conjunto mencionados anteriormente, en particular los componentes electrónicos.

**[0059]** El sensor 47 está compuesto, por ejemplo, por una o dos placas metálicas. El sensor 47 está ubicado verticalmente a una distancia D3 (figura 1) por encima de la parte inferior 37 del soporte 31, oscilando la distancia D3, por ejemplo, entre 100 mm y 350 mm, preferentemente entre 100 mm y 150 mm.

30 **[0060]** El sensor 47 está adaptado para formar un condensador junto con el material 20. La capacitancia de este condensador 20-47 depende de la distancia D2 entre la o las placas dentro del sensor 47 y la superficie superior 29 del material 20.

35 **[0061]** El sensor 47 está destinado a constituir una primera "placa" del condensador 20-47, mientras que el material 20 está destinado a constituir una segunda "placa". La capacitancia C del condensador viene dada, por ejemplo, por:  

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 A / D2$$
, por lo que:

40  $\epsilon_r$  es la permitividad relativa del espacio entre el sensor 47 y el material 20,  
 $\epsilon_0$  es la permitividad al vacío,  
A es una superficie de las "placas", y  
D2 es la distancia entre el sensor 47 y la superficie superior 29.

45 **[0062]** En la práctica,  $\epsilon_r = 1$ , de modo que el producto C veces D2 es una constante.

**[0063]** El dispositivo 48 está adaptado para medir la capacitancia C para producir la señal de capacitancia S1. Dicho dispositivo para medir una capacitancia es conocido en sí mismo. El dispositivo 48 está, por ejemplo, conectado eléctricamente al sensor 47. Por ejemplo, el dispositivo 48 está adaptado para medir un cambio en una frecuencia de resonancia de un circuito tanque compuesto por un inductor fijo y el condensador 20-47.

**[0064]** El sensor de temperatura 49, por ejemplo, un termopar, está adaptado para medir la temperatura en las inmediaciones del sensor 47 para producir una señal de temperatura S3 y enviarla al sistema de compensación de temperatura 51.

55 **[0065]** El sistema de compensación de temperatura 51 está adaptado para corregir la señal de capacitancia S1 proporcionada por el sensor 47 usando la señal de temperatura S3 para producir la señal de distancia S2.

**[0066]** El emisor de señales inalámbricas 53 se comunica ventajosamente con el receptor de señales inalámbricas 35 usando un protocolo de comunicación inalámbrica, tal como el ZigBee.

60 **[0067]** Como se ve en las figuras 3 y 4, la carcasa protectora 55 define una cámara interna 57 protegida del polvo, humos, humedad, altas temperaturas y flujos de calor en el horno de coque 10. La carcasa protectora 55 comprende una caja 59 hecha de acero o cualquier otro material robusto y que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal X y a lo largo de la dirección transversal Y, una placa de cubierta 61, una placa de fondo 63 opuesta a la

placa de cubierta a lo largo de la dirección vertical Z, y sistemas de conexión 65A, 65B ubicados respectivamente a ambos lados de la caja longitudinalmente.

**[0068]** La cámara interna 57, por ejemplo, tiene una forma de paralelepípedo.

5

**[0069]** La caja 59 incluye paredes aproximadamente verticales que delimitan la cámara 57. Ventajosamente, la caja 59 también comprende al menos una, preferentemente dos, paredes protectoras 67A, 67B.

**[0070]** Las paredes protectoras 67A, 67B están ubicadas, respectivamente, en ambos lados de la placa de fondo 63 a lo largo de la dirección longitudinal X. Las paredes protectoras 67A, 67B son, por ejemplo, aproximadamente perpendiculares a la dirección longitudinal X. Las paredes protectoras 67A, 67B sobresalen verticalmente y hacia abajo desde la placa de fondo 63, ventajosamente a lo largo de una altura E2 (figura 3) de al menos 5 mm.

**[0071]** La placa de cubierta 61 y la placa de fondo 63 son, por ejemplo, rectangulares. La placa de cubierta 61 y la placa de fondo 63 están hechas ventajosamente de un material dieléctrico resistente a altas temperaturas, tal como mica, y por ejemplo tienen un ancho E de al menos 10 mm. La placa de cubierta 61 y la placa de fondo 63 están, por ejemplo, atornilladas reversiblemente en la caja 59.

**[0072]** La placa de cubierta 61 y la placa de fondo 63 están ventajosamente selladas a la caja 59 usando un sellador de alta temperatura, como la silicona roja Loctite® 596, y un bloqueador de roscas, tal como el bloqueador de roscas de resistencia media Loctite® 243.

**[0073]** El sistema de conexión 65A está adaptado para recibir uno de los separadores 43 entre dos placas paralelas 69 fijadas a la caja 59 y ventajosamente aproximadamente horizontales.

**[0074]** El sistema de conexión 65B está adaptado para recibir otro de los separadores 43 entre dos placas paralelas 71A, 71B, ventajosamente aproximadamente horizontales.

**[0075]** La placa 71A está fijada a la caja 59 y es, por ejemplo, simétrica con una de las placas 69 con respecto a un plano P" perpendicular a la dirección longitudinal X.

**[0076]** La placa 71B se puede mover entre una posición de bloqueo que se muestra en la figura 3, donde la placa 71B está fijada en la placa 71A y topa verticalmente contra el separador 43 recibido en el sistema de conexión 65B y contra un tope 73 definido por la caja 59, y una posición de liberación (no mostrada), en la que la placa 71B no está fijada a la placa 71A y en el que el conjunto 33 puede moverse con respecto a dicho separador 43.

**[0077]** Por ejemplo, las señales S1, S2, S3 son una tensión, una intensidad de corriente, una señal dependiente de la frecuencia o una señal inalámbrica.

40

**[0078]** En el ejemplo mostrado, el soporte 31 se proporciona como una barra niveladora del horno de coque 10. El conjunto 33 se construye y se sella fuera del horno de coque 10 y posteriormente se monta sobre el soporte 31 (figura 2), preferentemente fuera del horno de coque 10.

**[0079]** Para montar el conjunto 33 sobre el soporte 31, el conjunto se mueve con respecto al soporte, de modo que uno de los separadores 43 del compartimento 45A se introduzca entre las placas 69 hacia la caja 59, estando la placa 71B en su posición de liberación (figura 3). Posteriormente, el conjunto 33 se hace girar alrededor de dicho separador 43 con respecto al soporte 31, de modo que la placa 71A tope contra el otro separador 43. Finalmente, la placa 71B se atornilla a la placa 71B en la posición de bloqueo. Como resultado, el conjunto se fija al soporte 31, con algo de espacio libre a lo largo de la dirección longitudinal X.

**[0080]** El soporte 31 se instala posteriormente en la cámara 25 (figura 1).

**[0081]** En otra realización (no representada), el conjunto 33 está fijado a un carril que discurre a lo largo de la cámara 25 y el conjunto 33 puede moverse a lo largo de ese carril.

55

**[0082]** En una realización adicional (no representada), el conjunto se fija a un brazo de soporte móvil.

**[0083]** El sensor 47 y los otros componentes activos en la cámara interna 57 reciben energía de la batería 54. El dispositivo 48 proporciona la señal de capacitancia S1, por ejemplo, una señal de frecuencia que depende de la capacitancia C.

**[0084]** El sensor de temperatura 49 mide la temperatura dentro de la cámara interna 57 lo más cerca posible del sensor 47 y proporciona la señal de temperatura S3 representativa de las condiciones de temperatura dentro del horno de coque 10.

65

**[0085]** El sistema de compensación de temperatura 51 recibe la señal de capacitancia S1 y la señal de temperatura S3. Basándose en la señal de capacitancia S1 y la señal S3, el sistema de compensación de temperatura 51 produce la señal de distancia S2 que no se ve afectada, o se ve menos afectada, por las variaciones potenciales de la temperatura en la cámara interna 57 que la señal de capacitancia S1.

**[0086]** Posteriormente, la señal de distancia S2 es transferida y emitida por el emisor 53 (figura 3). La señal de distancia S2 es recibida por el receptor 35 (figura 1) y posteriormente usada, por ejemplo, por el ordenador 36 para obtener la altura H.

#### Pruebas

**[0087]** Las pruebas del sistema 15 se han realizado en condiciones industriales.

**[0088]** El conjunto 33 se conectó o desconectó rápidamente, en menos de cinco minutos.

**[0089]** Trece hornos de coque fueron equipados con el conjunto 33 instalado en la barra niveladora. No se detectaron problemas operativos durante el funcionamiento normal de los hornos de coque.

**[0090]** El conjunto 33 pudo soportar las condiciones de trabajo industrial durante 45 horas de ensayos, y después de trece mediciones aún funcionó bien. La temperatura máxima registrada durante las pruebas dentro del conjunto 33 fue de solo aproximadamente 105 °C, de modo que los componentes electrónicos del conjunto no se vieron afectados por el ensayo.

**[0091]** No había polvo de carbón o gases entrando en el conjunto 33.

**[0092]** El gráfico de la figura 5 muestra dos curvas C1, C2 que proporcionan la distancia D2 (figura 1) entre la superficie de carbón a granel y el sensor 47 (figura 3) a lo largo de la dirección vertical Z frente a una posición longitudinal del sensor en el horno de coque. Las curvas C1, C2 representan un perfil longitudinal de la superficie de carbón a granel.

**[0093]** La curva C1 se obtuvo después de la primera vez que la barra niveladora entró en el horno de coque, también llamada primera carrera, y la curva C2 cuando la barra niveladora salió del horno de coque durante su último movimiento, también llamado última carrera.

**[0094]** La curva C1 ilustra que la distancia H varía entre 5-10 cm y aproximadamente 40 cm. La distancia H es menor cuando el sensor está debajo de los orificios de llenado 27 (figura 1); mientras que es más grande cuando el sensor no lo está.

**[0095]** Después de la última carrera, la curva C2 demuestra que el perfil de carbón a granel es aproximadamente plano, lo que muestra que el llenado es correcto.

**[0096]** Suponiendo que los perfiles transversales de la superficie de carbón a granel son aproximadamente planos, la velocidad de llenado del horno de coque 10 se calcula fácilmente basándose en la curva C2 y conociendo el ancho del horno de coque. La curva C2 muestra que la velocidad de llenado está muy cerca del 100 %.

**[0097]** Gracias a las características anteriores, el sistema 15 está adaptado para su uso en un horno de coque y mide con precisión la altura H. El sistema 15 aumenta la productividad al garantizar el llenado adecuado del horno de coque 10. También aumenta la seguridad de los operadores, ya que los orificios de llenado 27 no tienen que permanecer abiertos.

**[0098]** El sistema 15 soporta bien el entorno agresivo dentro de un horno de coque.

**[0099]** El sistema 15 también tiene un tiempo de respuesta muy corto, lo que permite obtener una medición casi continua del perfil dentro del horno de coque 10.

**[0100]** El coste del sistema 15 es menor que, por ejemplo, el coste de una solución de radar de microondas.

**[0101]** Otra ventaja es que la señal de distancia S2 es bastante estable, ya que incluye un sistema de compensación por variaciones de temperatura, y gracias a su bajo nivel de ruido.

**[0102]** Otra ventaja es que el sistema 15 puede funcionar continuamente, las 24 horas del día, los siete días de la semana, ya que se le puede proporcionar una fuente de alimentación inalámbrica para recargar la batería cuando, por ejemplo, la barra niveladora se detiene fuera del horno de coque en su posición de descanso.

**[0103]** Ventajosamente, el sensor 47 es portado por el propio soporte 31.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para obtener un parámetro representativo de una altura (H) de una superficie superior (29) de un material (20) apilado en un horno de coque (10) con respecto a un plano de referencia (P), que comprende
  - 5 las siguientes etapas:
    - proporcionar un sensor (47) ubicado por encima de la superficie superior (29) a una distancia de funcionamiento (D1) desde el plano de referencia (P), formando el sensor (47) y el material (20) un condensador que tiene una capacitancia,
    - 10 - obtener en al menos una señal de capacitancia (S1) representativa de dicha capacitancia,
    - obtener al menos una señal de distancia (S2) usando la señal de capacitancia (S1), siendo la señal de distancia (S2) representativa de una distancia (D2) entre el sensor (47) y la superficie superior (29) a lo largo de una dirección vertical (Z), y - obtener dicho parámetro representativo de la altura (H) usando la señal de distancia (S2) y la distancia de funcionamiento (D1).
  - 15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende, además:
    - medir un parámetro representativo de una temperatura del sensor (47), y
    - 20 - corregir la señal de capacitancia (S1) proporcionada por el sensor (47) en función de dicho parámetro para producir la señal de distancia (S2).
  3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, donde obtener la señal de capacitancia (S1) incluye seleccionar la distancia de funcionamiento (D1) de modo que la distancia (D2) entre el sensor (47) y la superficie superior (29) oscile entre 0 cm y 60 cm.
  - 25 4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, además:
    - mover el sensor (47) dentro del horno de coque (10) en una pluralidad de ubicaciones sucesivas con respecto a la superficie superior (29),
    - 30 - obtener una pluralidad de señales de distancia (S2), obteniéndose cada una de las señales de distancia en una de las ubicaciones sucesivas, y
    - obtener un perfil de la superficie superior (29) usando la pluralidad de señales de distancia (S2).
  5. El procedimiento según la reivindicación 4, que comprende además una etapa de calcular una velocidad de llenado del horno de coque (10) usando el perfil obtenido, donde la velocidad de llenado es representativa de una cantidad del material (20) en el horno de coque (10).
  - 35 6. Un proceso para controlar una velocidad de llenado de un horno de coque (10), comprendiendo el proceso:
    - 40 - implementar un procedimiento según la reivindicación 5 para obtener la velocidad de llenado del horno de coque (10), y
    - ajustar la cantidad del material (20) en el horno de coque (10) usando la velocidad de llenado obtenida.
  - 45 7. Un sistema (15) para obtener un parámetro representativo de una altura (H) de una superficie superior (29) de carbón a granel (20) apilado en un horno de coque (10) con respecto a un plano de referencia (P), que comprende:
    - 50 - una barra niveladora (31) destinada a ser movida dentro del horno de coque (10) en una pluralidad de ubicaciones sucesivas con respecto a la superficie superior (29), y
    - al menos un conjunto (33) fijado a la barra niveladora (31) y que incluye:
      - un sensor (47) destinado a estar por encima de la superficie superior (29) a una distancia de funcionamiento (D1) del plano de referencia (P) y a formar un condensador (20-47) con el carbón a granel (20), teniendo el condensador una capacitancia, y
      - 55 - un dispositivo (48) para proporcionar al menos una señal de capacitancia (S1) representativa de dicha capacitancia, y
      - una calculadora,
      - 60 siendo el conjunto (33) adecuado para proporcionar al menos una señal de distancia (S2) usando la señal de capacitancia (S1), siendo la señal de distancia (S2) representativa de una distancia (D2) entre el sensor (47) y la superficie superior (29) a lo largo de una dirección vertical (Z), estando la calculadora adaptada para calcular dicho parámetro usando la señal de distancia (S2) y la distancia de funcionamiento (D1).
      - 65

8. El sistema (15) según la reivindicación 7, donde:

- la barra niveladora (31) tiene una parte inferior (37), y
- el sensor (47) está ubicado verticalmente a una distancia (D3) por encima de la parte inferior (37), oscilando dicha distancia (D3) entre 100 mm y 350 mm, preferentemente entre 100 mm y 150 mm.

9. El sistema (15) según la reivindicación 7 u 8, donde el conjunto (33) comprende además una carcasa protectora (55) que aloja el sensor (47), siendo la carcasa protectora (55) adecuada para proporcionar aislamiento térmico frente a una temperatura comprendida entre 1000 °C y 1100 °C dentro del horno de coque (10).

10. El sistema (15) según la reivindicación 9, donde la carcasa protectora (55) comprende una caja (59) y al menos una placa (61, 63) hecha de un material dieléctrico.

11. El sistema (15) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, donde el conjunto (33) incluye, además:

- un sensor de temperatura (49) adaptado para medir una temperatura en el conjunto (33), y
- un sistema de compensación de temperatura (51) adaptado para corregir la señal de capacitancia (S1) proporcionada por el sensor (47) para variaciones de la temperatura medida con el fin de producir la señal de distancia (S2).

12. El sistema (15) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, donde el conjunto (33) incluye además un acelerómetro (56) adaptado para proporcionar parámetros para la navegación inercial del conjunto (33).

13. Un sistema (15) para obtener un parámetro representativo de una altura (H) de una superficie superior (29) de coque (20) apilado en un horno de coque (10) con respecto a un plano de referencia (P), que comprende:

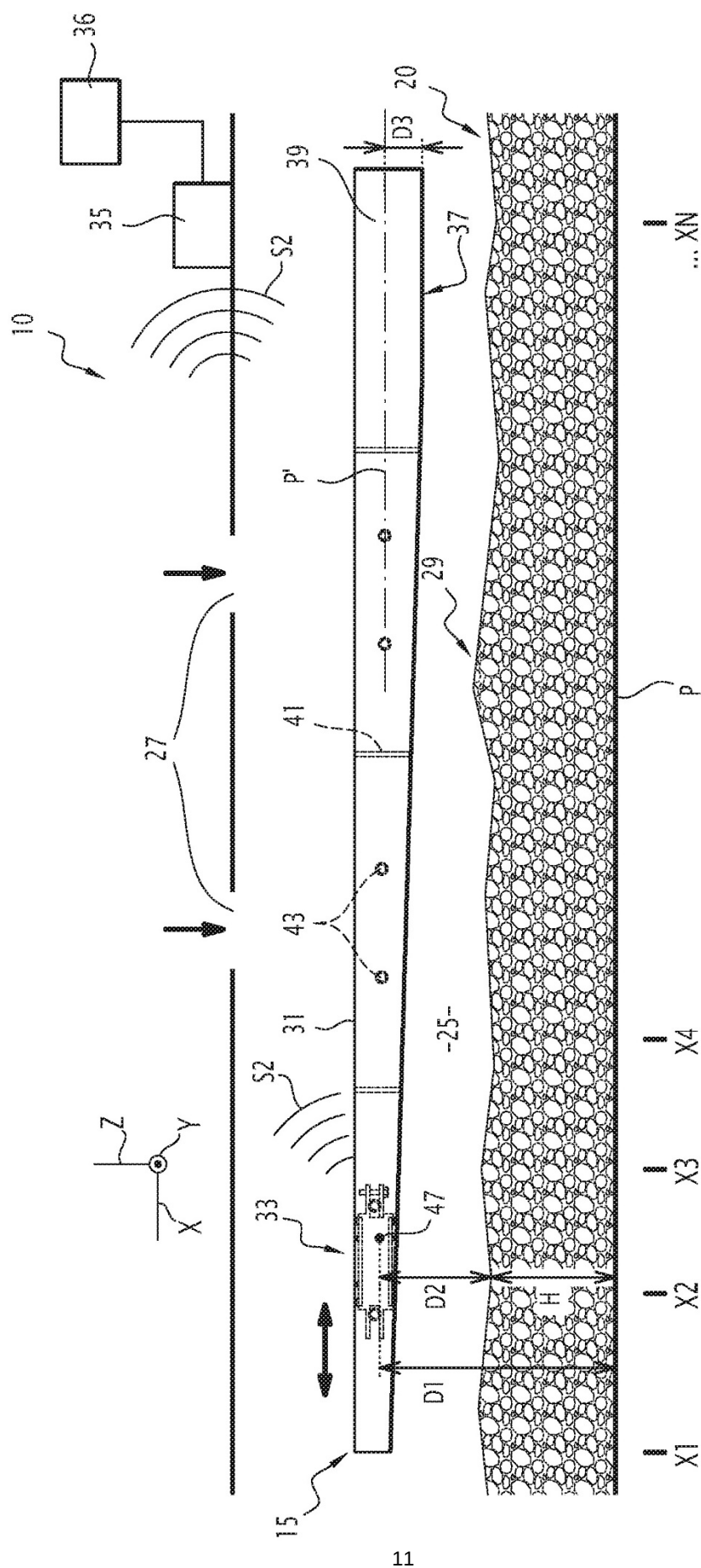
- un carro guía destinado a ser movido dentro del horno de coque (10) en una pluralidad de ubicaciones sucesivas con respecto a la superficie superior (29), y
- al menos un conjunto (33) fijado al carro guía y que incluye:

- un sensor (47) destinado a estar por encima de la superficie superior (29) a una distancia de funcionamiento (D1) del plano de referencia (P) y a formar un condensador (20-47) con el coque (20), teniendo el condensador una capacitancia, y
- un dispositivo (48) para proporcionar al menos una señal de capacitancia (S1) representativa de dicha capacitancia, y

- una calculadora,

siendo el conjunto (33) adecuado para proporcionar al menos una señal de distancia (S2) usando la señal de capacitancia (S1), siendo la señal de distancia (S2) representativa de una distancia (D2) entre el sensor (47) y la superficie superior (29) a lo largo de una dirección vertical (Z), estando la calculadora adaptada para calcular dicho parámetro usando la señal de distancia (S2) y la distancia de funcionamiento (D1).

14. Un horno de coque (10) que comprende un sistema (15) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13.





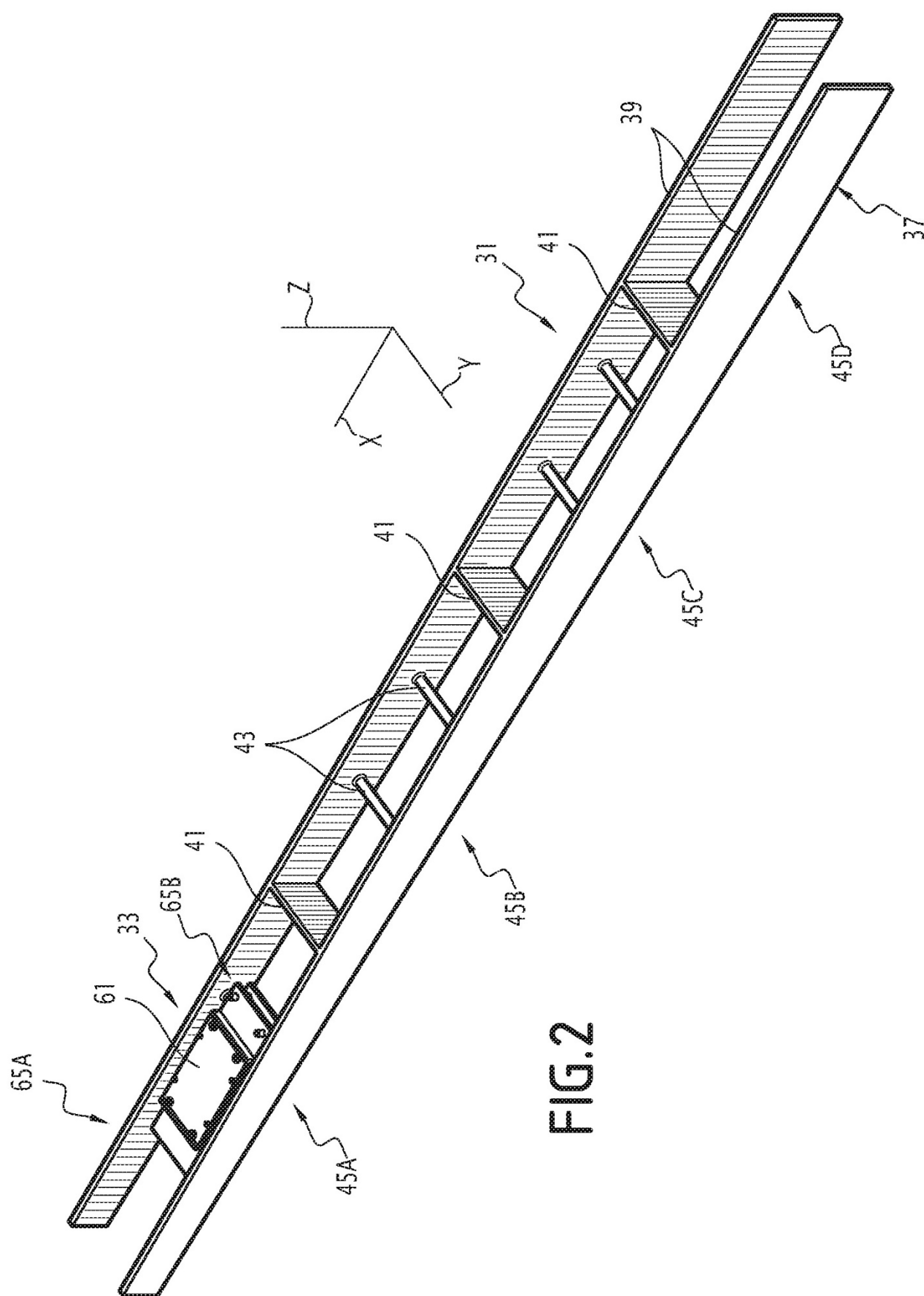


FIG. 2

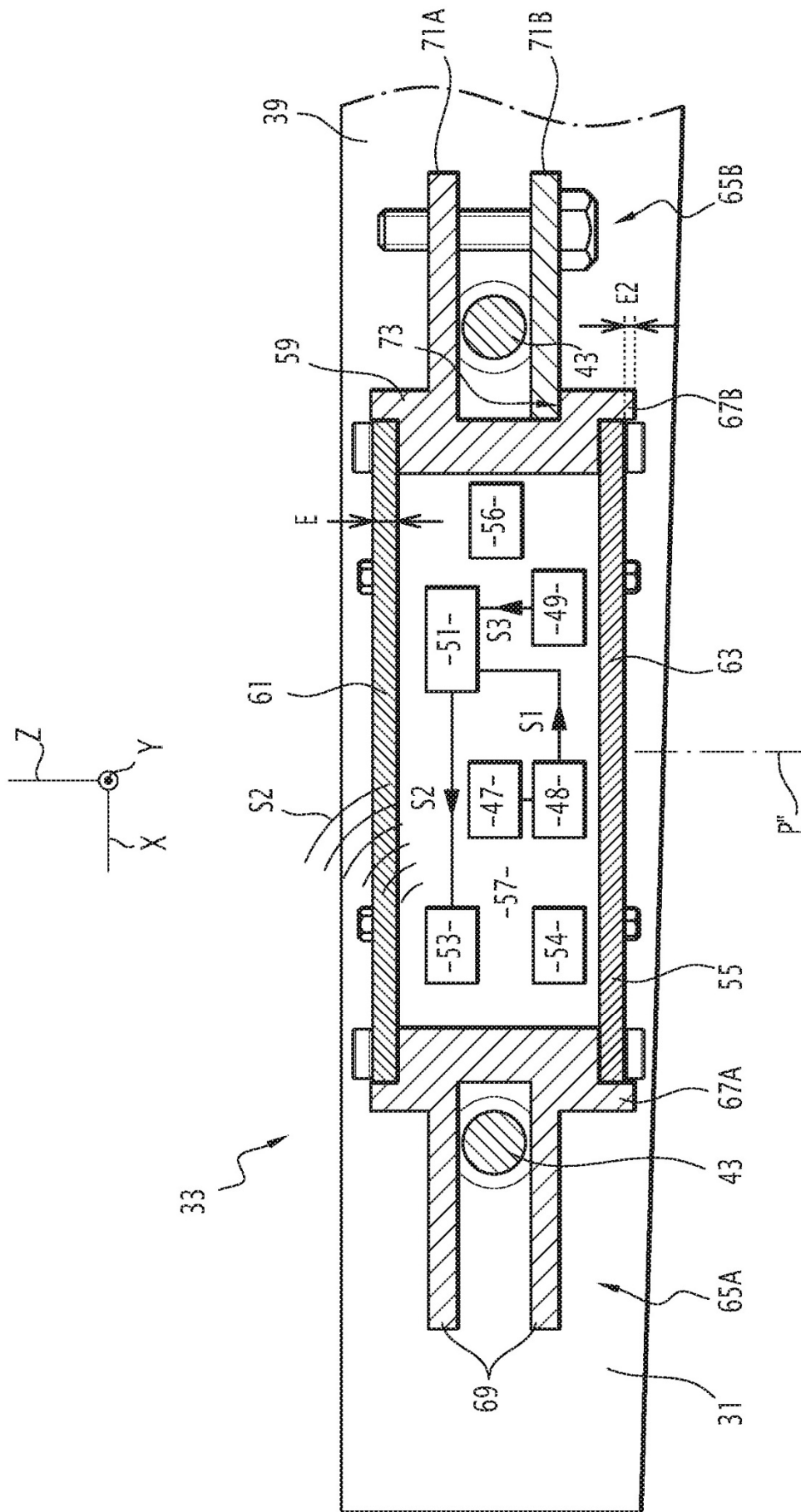
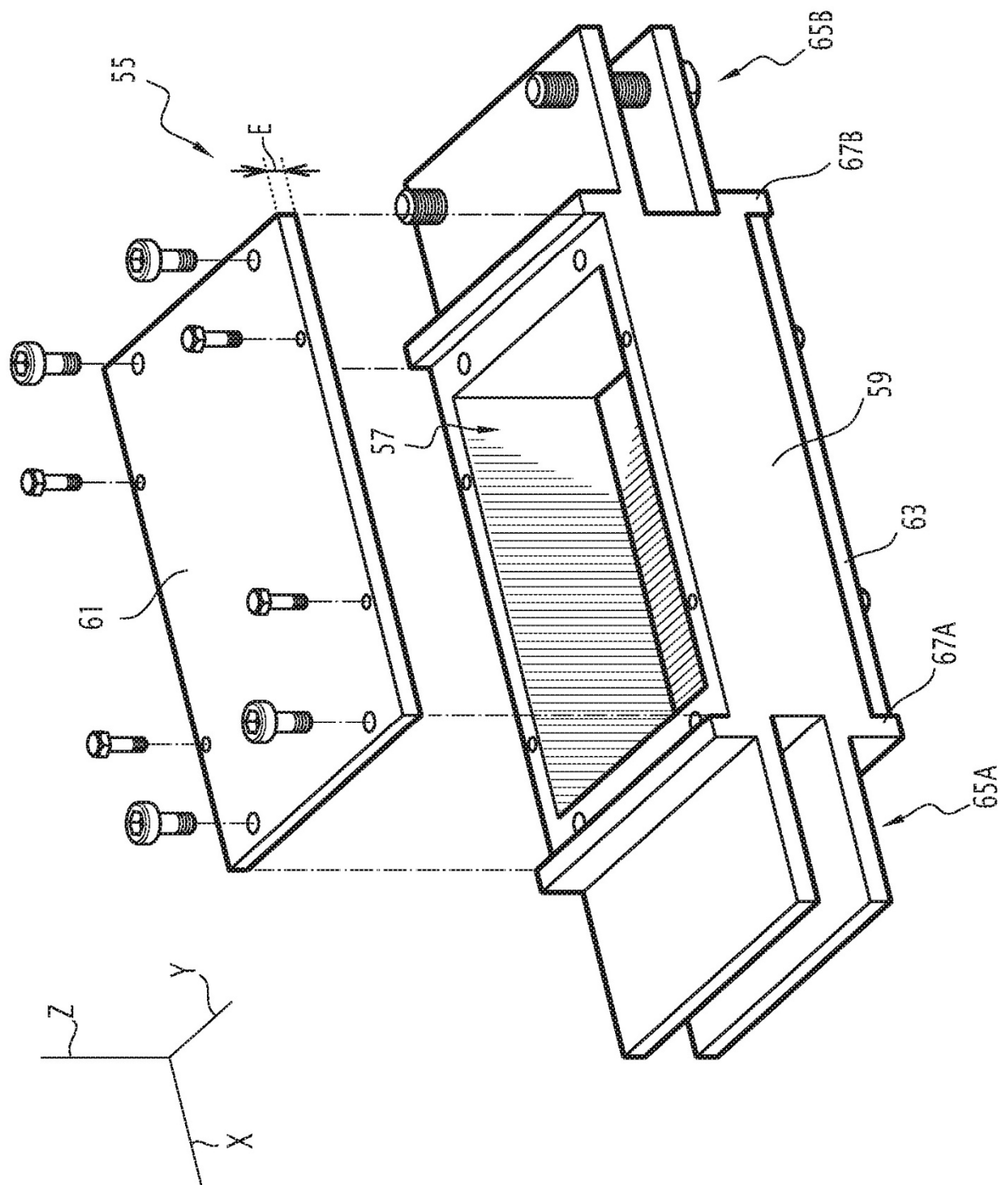


FIG. 4



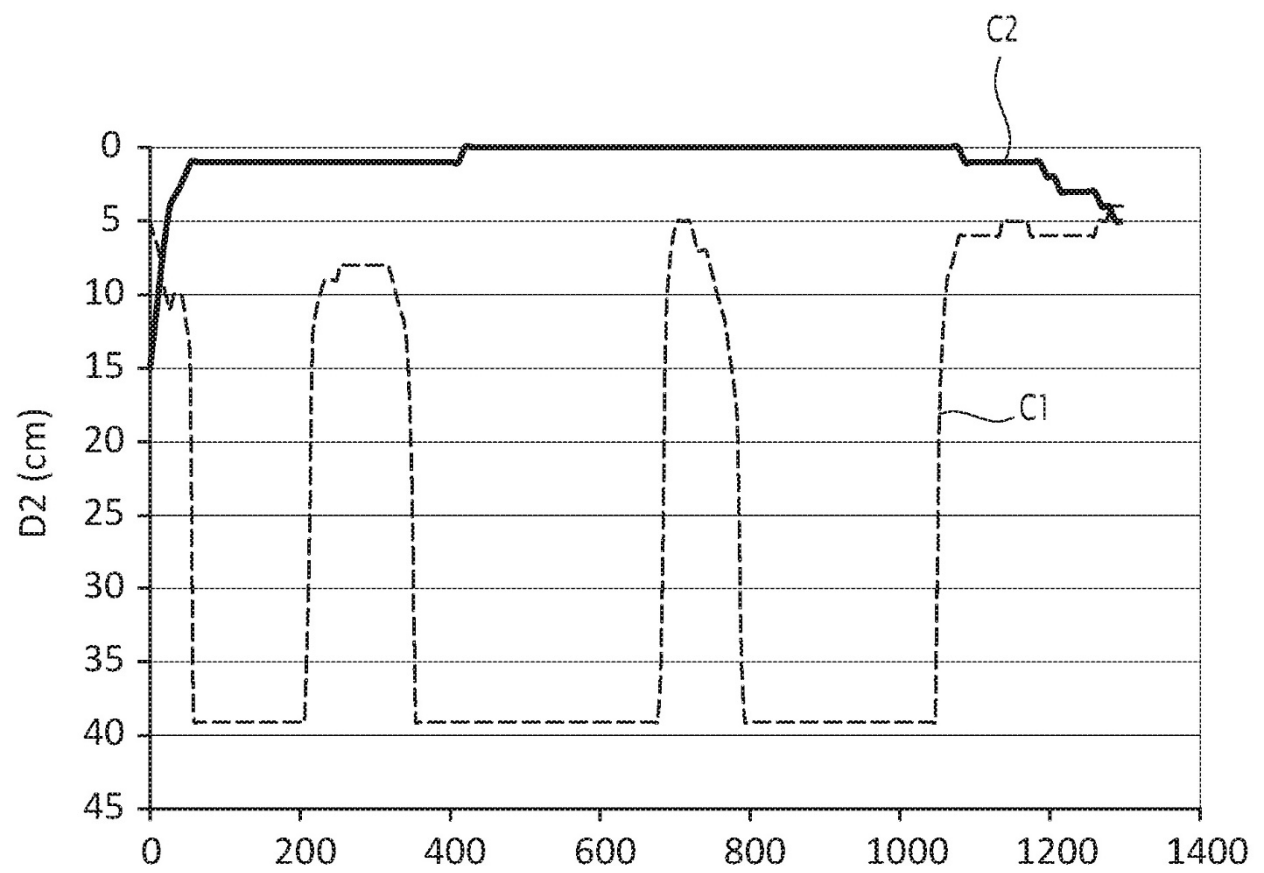


FIG.5