

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 093**

51 Int. Cl.:

H05B 6/02 (2006.01)
H05B 6/26 (2006.01)
F27D 19/00 (2006.01)
F27D 21/00 (2006.01)
F27D 3/15 (2006.01)
F27B 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2008 PCT/US2008/059936**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2008 WO08124840**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2008 E 08745534 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2135484**

54 Título: **Sistema de control de proceso integrado para hornos de fundición de metal por inducción eléctrica**

30 Prioridad:
10.04.2007 US 910916 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2017

73 Titular/es:
**INDUCTOTHERM CORP. (100.0%)
10 INDEL AVENUE P.O. BOX 157
RANCOCAS, NEW JERSEY 08073, US**

72 Inventor/es:
**MORTIMER, JOHN H.;
ARUANO, PETER;
TABATABAEI, EMAD y
PRABHU, SATYEN N.**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 622 093 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 de control de proceso integrado para hornos de fundición de metal por inducción eléctrica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a aparatos, instalaciones y sistemas de control de proceso integrado para hornos de fundición de metal por inducción eléctrica que producen metal fundido mediante calentamiento y fundición por inducción de una carga de metal para su uso en procesos industriales.

Antecedentes de la invención

10 La fabricación de metal fundido mediante fundición por inducción eléctrica implica típicamente la operación continua de uno o más hornos de inducción en los que una carga metálica es calentada y fundida mediante inducción. El proceso requiere llevar a cabo varias operaciones, incluyendo pasos de proceso y funciones de monitorización. Por ejemplo, puede añadirse la carga metálica a cada horno cuando se extrae metal fundido de cada horno. Debe suministrarse una nueva carga a cada horno. Debe extraerse la escoria de cada horno cuando el proceso de fundido progresa. La temperatura del metal fundido en cada horno debe ser medida y analizada periódicamente para determinar si la temperatura está dentro de un rango aceptable. Se deben tomar y analizar periódicamente muestras del metal fundido de cada horno para determinar si la composición química del metal es aceptable. Puede ser necesario añadir materiales de recorte al metal fundido en cada horno para alterar la composición química del metal fundido. El documento JP H11 114518 A describe un aparato/instalación de control de proceso integrado con características para el transporte de desechos peligrosos desde una tubería de origen a un horno de fundición a través de un aparato de transporte.

20 Un objeto de la presente invención es proporcionar una instalación de control de proceso integrado para hornos de fundición de metal por inducción eléctrica donde al menos la mayor parte de las operaciones del proceso son controladas por un sistema de control de proceso integrado y coordinado y con las ventajas de aparatos robotizados.

Breve compendio de la invención

25 En un aspecto de la presente invención es un sistema o instalación de control de proceso integrado para hornos de fundición por inducción eléctrica que comprenden uno o más hornos de inducción eléctrica donde cada uno de los hornos tiene uno o más estados de horno variables; una o más instalaciones de suministro de carga donde cada una de las instalaciones de suministro de carga tiene uno o más estados de suministro de carga variables; una o más instalaciones de extracción de escoria donde cada una de las instalaciones de extracción de escoria tiene uno o más estados de extracción de escoria variables, una o más operaciones de proceso de horno para el control de proceso de un baño de metal fundido en cada uno de los uno o más hornos, donde cada una de las una o más operaciones de proceso de horno tiene uno o más estados de proceso de fundición de horno variables, al menos un aparato robótico para la ejecución de uno o más de los uno o más procesos de fundición de horno; y uno o más procesadores de control para controlar el uno o más estados variables de los uno o más hornos, el uno o más sistemas de suministro de carga, y el uno o más sistemas de extracción de escoria.

35 En otro aspecto la presente invención es un método o proceso para producir metal fundido a partir de uno o más hornos de inducción eléctrica. En el proceso un controlador de proceso integrado controla uno o más estados de horno variables de cada uno de los hornos, uno o más estados de suministro de carga variables de una instalación de suministro de carga, uno o más estados de extracción de escoria variables de una instalación de extracción de escoria, y un aparato robótico que lleva a cabo una o más operaciones de proceso de horno.

40 Los anteriores y otros aspectos de la invención se establecen en esta memoria y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

45 El breve compendio anterior, así como la siguiente descripción detallada de la invención, se comprende mejor cuando se lee en conjunto con los dibujos adjuntos. Con el propósito de ilustrar la invención, se muestran en los dibujos ejemplos de formas de la invención que son actualmente preferidas; sin embargo, la invención no se limita a las disposiciones y funciones específicos descritos en los dibujos adjuntos siguientes:

La Fig. 1 es un ejemplo de un diagrama de disposición simplificado de un ejemplo de equipo de horno de fundición de metal por inducción eléctrica asociado a la instalación de control de proceso integrado de la presente invención.

La Fig. 2 es una ilustración esquemática de variables de estado inclinación de horno para hornos utilizados en un ejemplo de la instalación de control de proceso integrado de la presente invención.

50 La Fig. 3 es un diagrama de interconexión simplificado de un ejemplo de la instalación de control de proceso integrado de la presente invención.

La Fig. 4 es una vista isométrica de un ejemplo de un aparato de transporte y herramientas integrado utilizado con un ejemplo de la instalación de control de proceso integrado de la presente invención.

La Fig. 5 es otra vista isométrica del aparato de transporte y herramientas integrado mostrado en la Fig. 4.

La Fig. 6 es una vista de alzado lateral del aparato de transporte y herramientas integrado mostrado en la Fig. 4 y la Fig. 5.

5 La Fig. 7 es una vista isométrica de un ejemplo de una herramienta de desescoriado utilizada en un ejemplo de la instalación de control de proceso integrado de la presente invención.

La Fig. 8 es una vista isométrica de un ejemplo de la herramienta de desescoriado mostrada en la Fig. 7 en una posición almacenada.

Descripción detallada de la invención.

10 En algunos ejemplos de la invención, el sistema de control de proceso integrado puede tener un modo seleccionable manual o completamente automático. El siguiente ejemplo de la invención incluye un modo seleccionable manual o completamente automático. En el modo manual, los procesos de fundido de horno individuales pueden ser ejecutados automáticamente por el aparato robótico, tras una introducción manual de datos por un operador humano. En algunos ejemplos de la invención, en el modo manual, los procesos de fundición de horno individual
 15 ejecutados automáticamente por el aparato robótico pueden ser interrumpidos por el operador humano para la introducción adicional manual de datos. En otros ejemplos de la invención, el sistema de control puede operar sólo en un modo completamente automático.

20 Puede disponerse uno o más dispositivos de control de entrada manual adecuados para la operación en el modo manual tal como se describe con mayor detalle más adelante. Los dispositivos de control de entrada manual pueden estar físicamente conectados a dispositivos de entrada/salida (E/S) del sistema de control de proceso integrado y permanentemente situados en uno de los procesadores utilizados en la presente invención, o alternativamente, conectados inalámbicamente a los dispositivos E/S del sistema de control de proceso integrado para permitir al operador humano de los dispositivos de control de entrada manual moverse al mismo tiempo que opera los dispositivos.

25 La Fig. 1 ilustra un ejemplo de disposición no limitante de los componentes principales asociados a los hornos de fundición de metal por inducción eléctrica asociados a la instalación de proceso de control integrado de la presente invención. Un único aparato 30 robótico da servicio a dos hornos 20 y 22 de inducción eléctrica. Un aparato robótico adecuado y no limitante es el KR 240-2 F (Serie 2000) disponible de KUKA Roboter GmbH, Augsburg, Alemania. El aparato 30 robótico agarra selectivamente una o más herramientas, como se describe con mayor detalle más adelante, que pueden almacenarse en un aparato 50 de transporte y herramienta integrado. Unos carros 40 y 42 de
 30 carga suministran carga de metal a los hornos 20 y 22 respectivamente, llevando la carga (por ejemplo, lingotes de metal o virutas de metal) a cada horno tal como se describe con mayor detalle más adelante. En algunos ejemplos de la invención, unos carros 44 y 46 escoria extraen la escoria (material de desecho) del espacio de operación del horno, después de que el aparato robótico coloque la escoria desde un baño (metal fundido en un horno) en un carro, como se describe a continuación.

35 El aparato 50 de transporte y herramienta integrada se aprecia mejor en la Fig. 4, Fig. 5 y Fig. 6. Un soporte 52 de herramienta múltiple sirve como un dispositivo de almacenamiento para varias herramientas, que en este ejemplo no limitante comprende una herramienta de puesta a tierra (sonda) 72, una herramienta de inmersión de muestra metálica (pica) 74, una herramienta de inmersión de sonda de temperatura (pica) 76, y una herramienta de coagulante de escoria (losa) 78. Almacenada en un dispositivo de almacenamiento separado en el aparato 50 hay una herramienta de escoria (vasija) 80 para la recogida de escoria de un baño de metal fundido en un horno. En algunos ejemplos de la invención, la herramienta de coagulante de escoria y la herramienta de escoria pueden combinarse en una única herramienta de coagulante escoria/escoria. También almacenada en un dispositivo de almacenamiento separado en el aparato 50 está una herramienta de materiales de recorte (vasija) 79. El extremo de cada herramienta termina en un elemento 32 de interfaz estándar con el aparato robótico que permite al aparato
 40 robótico agarrar la herramienta mediante el elemento de interfaz estándar. Si es necesario, pueden conectarse conexiones eléctricas u otras conexiones de servicio auxiliares, tales como una línea de suministro de aire comprimido, asociadas con una herramienta, como se describe más adelante, al aparato robótico a través del elemento de interfaz estándar asociado a la herramienta. Pueden disponerse uno o más sensores 58 de posición en el aparato 50 para detectar si una herramienta está en su posición de almacenamiento adecuada en el aparato 50.
 45 La posición adecuada detectada de una herramienta puede ser un estado de condición verdadera de permiso antes de que el aparato robótico ejecute cualquier movimiento para agarrar la herramienta desde su posición almacenada. El aparato 50 también puede incluir el almacenamiento para una pluralidad de muestreadores 82 de metal o sondas 84 de temperatura. El aparato 50 también puede incluir estructuras de transporte, por ejemplo, una combinación de muestreador de metal y deslizadera 54 de sonda de termopar para suministrar un muestreador de metal o sonda de
 50 termopar usada desde el espacio de operación del horno, y una deslizadera 56 de materiales de recorte para suministrar materiales de recorte al espacio de operación del horno. En las figuras no se muestra una deslizadera de coagulante de escoria para suministrar coagulante de escoria al espacio de operación del horno tal como se describe con mayor detalle más adelante; en otros ejemplos de la invención, puede incorporarse la deslizadera de coagulante de escoria en el aparato 50.

El equipamiento anterior para los hornos de fundición por inducción eléctrica puede aislarse en un espacio de operación (fundición) de horno contenido separado del siguiente equipamiento de control del proceso integrado: controlador 34 de procesador de aparato robótico (procesador de robot); controlador 36 remoto de aparato robótico (controlador remoto de robot); procesador 24 de control de equipamiento de horno (procesador de equipamiento de horno); procesador 26 de control de funcionamiento de horno (procesador de funcionamiento de horno), y procesador 28 de control de supervisión de sistema integrado (procesador de supervisión). El equipamiento de alimentación eléctrica para alimentar los hornos de inducción eléctrica, incluyendo bobinas de inducción para calentar y fundir el metal dispuesto en los hornos, y el equipamiento asociado está dispuesto adecuadamente, por ejemplo, en un área bajo el espacio de fundición (no mostrado en las figuras). Un procesador de funcionamiento de horno adecuado aunque no limitante es MELTMINDER® disponible en Inductotherm Corp., Rancocas, NJ, USA. El controlador remoto 36 de robot comprende equipamiento para que un operador humano interactúe con el aparato robótico, por ejemplo, introduciendo unos movimientos deseados del aparato robótico cuando el aparato robótico no está operando en un modo automático (es decir, procesos de fundido de horno individual automático, u operación completamente automática), o cuando el puenteado manual está disponible en el modo automático. Generalmente el procesador 34 de robot comprende equipamiento de procesamiento de ordenador para controlar el aparato robótico. Generalmente el procesador 24 de equipamiento de horno comprende equipamiento para la entrada de control manual del equipamiento de horno cuando el sistema de control de proceso integrado no está funcionando en modo automático. Generalmente, el procesador 26 de funcionamiento de horno comprende equipamiento para la monitorización y control general del proceso de función de metal por inducción eléctrica. Generalmente, el procesador 28 de supervisión comprende equipamiento de procesamiento de ordenador para el control de supervisión global de la instalación de control de proceso integrado de la presente invención. Aunque los equipamientos de control de proceso integrado están representados esquemáticamente como componentes individuales en los dibujos, uno o más de estos componentes pueden combinarse para dar otras configuraciones de componentes múltiples, o un procesador de control integrado individual, en algunos ejemplos de la invención. Los términos "procesador" y "equipamiento de procesamiento de ordenador" utilizados en este documento pueden incluir procesadores de ordenador, dispositivos de entrada y salida necesarios para la comunicación con los procesadores cuando se ejecuta el programa de ordenador de control de proceso integrado, dispositivos de almacenamiento para almacenar electrónicamente programas de ordenador, datos e información adicional, necesarios para ejecutar el programa de ordenador de control de proceso integrado; e interfaces de comunicación remota para la transferencia electrónica de datos entre el sistema de control de proceso integrado y una ubicación remota donde, por ejemplo, podría evaluarse u operarse el sistema de control de proceso integrado. El término "programa de ordenador de control de proceso integrado" se utiliza más adelante por conveniencia para incluir una pluralidad de programas de ordenador que residen en uno o más dispositivos de almacenamiento electrónico y que se ejecutan de manera simultánea, independiente y/o coordinadamente por medio de uno o más procesadores de control comunicados, según sea necesario, entre los procesadores y el equipamiento asociado a los hornos de inducción eléctrica para llevar a cabo el proceso de control integrado descrito en este documento.

La Fig. 3 ilustra un ejemplo no limitante de los enlaces de comunicación entre los varios componentes de un sistema de control de proceso integrado de la presente invención. El controlador remoto 36 de robot puede proporcionar un medio para el control manual remoto del aparato 30 robótico y tiene un enlace A de comunicaciones con el procesador 34 de robot que puede procesar entradas desde un controlador remoto 36 de robot y reenviar señales adecuadas al aparato 30 robótico para la ejecución de movimientos del robot mediante un enlace D de comunicaciones. En algunos ejemplos de la invención, el aparato 30 robótico puede incluir un procesador de control a bordo auto-contenido, o un procesador local, que comparte almacenamiento de datos y ejecución de programa con el procesador 34 de robot. El procesador 34 de robot, el procesador 26 de funcionamiento de horno, y el procesador 24 de equipamiento de horno tienen enlaces B de comunicaciones con el procesador 28 de supervisión que, por ejemplo, puede ser un controlador lógico programable. El procesador de supervisión tiene enlaces C de comunicaciones con equipamiento para hornos de fundición por inducción eléctrica según se requiere para controlar el equipamiento de acuerdo con los procesos de fundición por inducción del horno. En el modo automático, el procesador 28 de supervisión ejecuta un control de supervisión global del procesador 24 de equipamiento de horno, procesador 26 de funcionamiento de horno, y procesador 34 de robot a través del enlace B de comunicaciones. Cualquiera de los enlaces de comunicaciones puede ser una combinación de cableado o inalámbrico, unidireccional o bidireccional, digital o analógico, según su aplicación a una aplicación particular.

Aunque el ejemplo de aparato robótico usado en el ejemplo siguiente de la invención está configurado como un brazo articulado no-ambulatorio con seis grados de libertad y un agarrador (mano) mecánico, el robot en otros ejemplos de la invención puede consistir en diferentes configuraciones. Por ejemplo, en otros ejemplos de la invención, el aparato robótico puede ser ambulatorio, bien guiado, por ejemplo sobre un raíl, o puede comprender un subsistema de movilidad controlado por el sistema de control de proceso integrado de la presente invención que permite que el aparato robótico se mueva por el espacio de operación del horno según un patrón controlado. En otros ejemplos de la invención, un aparato robótico singular puede tener más de un brazo articulado controlado de manera independiente, o pueden usarse múltiples aparatos robóticos.

En el ejemplo no limitante de la presente invención, las operaciones o procesos de fundición de horno de inducción pueden incluir un proceso de extracción de escoria, un proceso de comprobación de puesta a tierra, un proceso de comprobación de temperatura, un proceso de muestreo de metal, y un proceso de adición de material de recorte, tal

como se describe con mayor detalle más adelante.

Las variables de estado del horno, o los estados de horno variables, en este ejemplo no limitante de la invención son el ángulo de inclinación del horno y la posición de la tapa. Cada uno de los uno o más hornos de inducción eléctrica es un horno de inclinación (horno de inclinación) con una tapa. Cada horno puede inclinarse hacia adelante (fwd) o hacia atrás (aft), y la tapa puede abrirse o cerrarse por medio de actuadores adecuados, tales como actuadores eléctricos o hidráulicos. Los ángulos de inclinación del horno 20 o 22, según se usan a continuación, se describen esquemáticamente en la Fig. 2.

En este ejemplo no limitante de la invención, se define una posición de inicio del horno como: ángulo de inclinación hacia adelante cero; ángulo de inclinación hacia atrás cero; y tapa cerrada. Un comando de horno "retornar inicio" se ejecuta secuencialmente por parte del sistema de control de proceso integrado como sigue: cierre de tapa; rotación del horno hasta ángulo de inclinación hacia atrás cero; y luego rotación del horno hasta ángulo de inclinación hacia adelante cero.

En la disposición de horno doble no limitante que se muestra en la Fig. 1, uno de los dos hornos se selecciona como el horno activo para el modo manual, y el estado del horno activo es un estado de condición permisiva para procesos de fundición de horno tal como se describe más adelante.

En otros ejemplos de la invención, el horno puede no inclinarse y/o puede no tener una tapa; en la presente invención puede utilizarse cualquier tipo de horno de inducción eléctrica, incluyendo hornos de inducción eléctrica de vacío y hornos de inducción de crisol frío, por ejemplo. Para los hornos de inclinación en el presente ejemplo, las variables de estado de horno se definen como el ángulo de inclinación y la posición de la tapa. Otros tipos de hornos de inducción eléctrica pueden tener estados de variables que definen estados de variables del horno controlado por el sistema de control de proceso integrado de la presente invención. Por ejemplo, el horno de inducción puede ser un horno de crisol de salida por elevación donde el metal es fundido y procesado en un crisol que se eleva para salir del horno para el vertido del metal fundido. Para este ejemplo de la invención, la posición del crisol (es decir, en el horno de inducción o extraído del horno de inducción) es un estado de horno variable, y una operación o proceso de fundido de horno es verter metal fundido desde el crisol extraído podría ser llevada a cabo por el aparato 30 robótico mediante el agarre de una herramienta de sujeción de crisol para elevar el crisol desde el horno y verter el metal fundido desde el crisol extraído.

En el presente ejemplo de la invención, para el control (modo) manual, cada horno está dotado de un dispositivo de control de entrada adecuado, tal como una combinación de joystick e interruptor de selección, para su uso por un operador humano. El dispositivo de control de entrada puede estar situado en un procesador 24 de equipamiento de horno. El joystick puede emitir señales al procesador 28 de supervisión, que emite señales para el control de los actuadores para desplazar un horno entre posiciones de inclinación, y el interruptor de selección puede emitir señales para el control de los actuadores para abrir y cerrar la tapa de un horno, cuando se selecciona un horno como el horno activo. En un modo completamente automático, las señales del dispositivo de control de entrada manual son inhibidas y el procesador 28 de supervisión controla las variables de estado del horno.

Para habilitar una inclinación hacia adelante (arriba o abajo), los estados de condición verdadera deben ser horno con ángulo de inclinación hacia atrás cero y tapa cerrada. Para habilitar una inclinación hacia atrás y arriba, el estado de condición verdadera debe ser horno con ángulo de inclinación hacia adelante cero; para habilitar una inclinación hacia atrás y abajo, el estado de condición verdadera debe ser horno en carro de carga de horno activo en posición inicial tal como se define más adelante. Para habilitar la apertura de tapa, el estado de condición verdadera debe ser horno en ángulo de inclinación cero hacia adelante.

Los estados de suministro de carga variable para la instalación o sistema de suministro de carga en este ejemplo no limitante de la invención incluyen la posición de un carro de carga tal como se describe más adelante. En este ejemplo no limitante de la invención, el sistema de suministro de carga incluye un carro de carga dedicado para cada uno de los hornos. Un ejemplo típico, aunque no limitante, de un carro de carga es similar a un transportador vibratorio con actuadores montados en los laterales tal como se describe en la patente estadounidense US 6,041,915 con la adición de un sistema de transporte para mover (desplazar) el carro de carga hacia el horno (posición "en horno") y alejándose del horno (posición "lejos del horno"). En el presente ejemplo no limitante de la invención, se utilizan bi-raíles 40a y 42a para un movimiento controlado de proceso de los carros 40 y 42 de carga, respectivamente, cada uno de los cuales está montado en un carro de cuatro ruedas (sistema de transporte). Los estados de suministro de carga variable pueden ser diferentes en otros ejemplos de la invención. Por ejemplo, puede usarse una deslizadera móvil para suministrar carga a un horno, y la posición de la deslizadera puede ser un estado variable.

En la Fig. 1, cada carro de carga se muestra en su posición inicial (lejos del horno) en los extremos 40a' y 42a' de los bi-raíles 40a y 42a respectivamente. En la posición inicial del carro de carga, el sistema de control de proceso integrado puede incluir un aparato de suministro de carga automático que, por ejemplo, suministra carga a un carro de carga vacío en la posición inicial desde una fuente de suministro adecuada, tal como un Hopper de abertura inferior. Se define una posición (en horno) de carga de horno de carro de carga como el carro 40 o 42 de carga en el extremo 40a" o 42a" de los bi-raíles 40a o 42a respectivamente.

En el presente ejemplo de la invención, para el control (modo) manual se puede proporcionar un dispositivo de control de entrada de carro de carga adecuado, tal como una combinación de joystick e interruptor de selección, para cada carro de carga para su uso por un operador humano. El dispositivo de control de entrada puede estar dispuesto en el procesador 24 de equipamiento de horno. El joystick puede emitir señales al procesador 28 de supervisión, que emite señales al controlador de un motor de accionamiento de rueda montado en el carro de carga para desplazar el carro de carga, y el interruptor de selección puede emitir señales para hacer vibrar el carro de carga para hacer que la carga situada en el transportador del carro de carga se mueva hacia el interior del horno cuando el carro de carga está en la posición "en horno". En el modo completamente automático, unas señales del dispositivo de control de entrada manual son inhibidas y el procesador 28 de supervisión controla las variables de estado del sistema de suministro de carga.

Para que un carro de carga lleve a cabo cualquier función, el horno asociado al carro de carga debe seleccionarse como el horno activo. Para que un carro de carga se desplace hacia el horno activo deben ser verdaderos los estados siguientes: horno con ángulo de inclinación de carga hacia atrás; tapa abierta; carro de escoria del horno activo en posición inicial (como se muestra en la Fig. 1 y se describe con mayor detalle más adelante); aparato 30 robótico no ejecutando actualmente una operación o proceso de función de horno. Para que un carro de carga inicie la ejecución del proceso de carga (es decir, vibrar el transportador cargado con una carga sobre el carro de carga), el carro de carga debe estar en la posición de carga (en horno).

Los estados de extracción de escoria variables para la instalación o sistema de extracción de escoria en este ejemplo no limitante de la invención incluyen la posición de un carro de carga según se describe con mayor detalle más adelante. En este ejemplo no limitante de la invención, el sistema o instalación de extracción de escoria incluye un carro de escoria dedicado para cada uno de los hornos.

En el presente ejemplo de la invención, para el control (modo) manual, se puede disponer un dispositivo de control de entrada de carro de escoria adecuado, tal como un joystick, para cada carro de escoria para su uso por un operador humano para desplazar un carro de escoria en dirección a o alejándose de un horno. El dispositivo de control de entrada de carro de escoria puede emitir señales al procesador 28 de supervisión, que emite señales al controlador de un motor de accionamiento de ruedas montado en el carro de escoria para desplazar el carro de escoria hacia y desde un horno. En el modo completamente automático, las señales del dispositivo de control de entrada manual son inhibidas y el procesador 28 de supervisión controla las variables de estado del sistema de extracción de escoria.

En la Fig. 1, cada carro de escoria se muestra en su posición inicial (alejado del horno) en los extremos 44a' y 46a' de los bi-railes 44a y 46a respectivamente. En la posición inicial de carro de escoria, la vasija 45 de escoria, que está montada en cada carro de escoria, puede rotar de manera automática hacia una posición de desecho para tirar la escoria en la vasija hacia una deslizadera o depósito de desecho. En otros ejemplos de la invención, la rotación de la vasija de desecho puede ser un estado de extracción de escoria variable controlado por el sistema de control de proceso integrado. Una posición de desescoriado del carro de escoria (en horno) está definida como que el carro 44 o 46 de escoria está en el extremo 44a" o 46a" de los bi-railes 44a o 46a respectivamente.

En el presente ejemplo no limitante de la invención, para el control (modo) manual de un proceso de extracción de escoria, el operador humano inicia el proceso de extracción de escoria por medio de un dispositivo de control de entrada manual adecuado, tal como un botón del procesador 24 de equipamiento de horno que emite una señal a un procesador 28 de supervisión. Para un proceso de extracción de escoria completamente automático, se inhiben las señales desde el dispositivo de control de entrada manual y el procesador 28 de supervisión controla los estados de extracción de escoria variables. Para que un carro de escoria lleve a cabo cualquier función, debe seleccionarse como horno activo el horno asociado al carro de escoria. Para que un carro de escoria se desplace hacia el horno activo, el estado de condición verdadera es que el carro de carga asociado al horno activo esté en su posición inicial tal como se ha descrito anteriormente.

Par la ejecución de un proceso u operación de extracción de escoria, los siguientes estados de condición deben ser verdaderos: horno activo con ángulo de inclinación de escoria hacia atrás; tapa abierta; carro de escoria del horno activo en posición desescoriado tal como se ha definido anteriormente.

En este ejemplo no limitante de la invención, puede enseñarse el proceso de extracción de escoria a un aparato 30 robótico como sigue. Después de que el aparato robótico ejecute movimientos necesarios para agarrar la herramienta 80 de escoria en un aparato 50 de transporte y herramienta integrado, cuyos movimientos son controlados por instrucciones del sistema de control de proceso integrado, el operador humano controlará el movimiento de la herramienta de escoria agarrada por el aparato robótico con un dispositivo de control de entrada manual en el controlador remoto 36 del robot cuando se realiza la inmersión en el baño (metal fundido en el horno) para recoger y capturar escoria en la herramienta 80 de escoria y se deposita la escoria sobre una vasija 45 de escoria en el carro de escoria adecuado en el horno activo. El procesador 34 de robot puede almacenar electrónicamente los movimientos del aparato robótico durante el proceso de extracción de escoria enseñado, y ejecutará los movimientos almacenados electrónicamente durante el siguiente proceso de extracción de escoria para el horno enseñado, a expensas de un puenteado durante el menos un cierto período del siguiente proceso de extracción de escoria por parte del operador humano en el controlador remoto 36 del robot. El procesador 34 del

robot almacenará electrónicamente los movimientos puenteados introducidos y los ejecutará, junto con los movimientos no-puenteados previamente almacenados, durante el siguiente proceso de extracción de escoria para el horno enseñado. De este modo, el aparato 30 aprende de manera adaptativa a ejecutar de forma automática un proceso de horno de escoria para parámetros de horno particulares, tales como la localización del nivel de la superficie de un baño en la superficie. El aparato 30 robótico ejecutará un proceso de extracción de escoria completo, según lo enseñado, o mediante la ejecución del programa de ordenador almacenado y puede detenerse a esperar una entrada del operador humano antes de retornar la herramienta 80 de escoria al aparato 50 de transporte y herramienta integrado. La selección del operador manual de las entradas manuales puede incluir "terminar proceso de desescoriado" o "iniciar proceso de desescoriado" para la ejecución de otro proceso de extracción de escoria. Las entradas manuales pueden realizarse en un procesador 24 de equipamiento de horno. En respuesta a una entrada de "terminar proceso de desescoriado", el aparato 30 robótico ejecuta movimientos programados para devolver la herramienta 80 de escoria al aparato 50 y luego puede detenerse esperando la siguiente entrada manual en el modo manual. En respuesta a una entrada de "iniciar proceso de desescoriado", el aparato 30 robótico ejecuta un proceso de extracción de escoria para el horno activo tal como se ha descrito anteriormente.

En otros ejemplos de la invención, el proceso de extracción de escoria puede llevarse a cabo con una herramienta de desescoriado, que es almacenada adecuadamente en el espacio de operación del horno. En un ejemplo no limitante, como se muestra en la Fig. 7, la herramienta 110 de desescoriado está diseñada como una cubierta de concha que comprende unas primera y segunda conchas 112a y 112b que pueden accionarse neumáticamente o de otro modo para abrirlas y cerrarlas. En la Fig. 7 se muestran las conchas en la posición cerrada, como estarían después de capturar escoria entre las conchas tal como se ha descrito anteriormente. Si las conchas están formadas a partir de un material que no es suficiente como para soportar la deformación térmica cuando se introducen en un baño de un horno, la herramienta de desescoriado puede almacenarse con las superficies de las conchas sumergidas en un baño 98 de lechada en el contenedor 120 de baño mostrado en la Fig. 8. La lechada comprende una composición resistente al calor, tal como una composición semisólida basada en grafito, de modo que al menos las áreas superficiales de las conchas que son introducidas en el baño del horno tendrán un recubrimiento de lechada protectora resistente al calor antes de su introducción en el baño del horno para la recogida de escoria.

Para la ejecución de un proceso de extracción de escoria con una herramienta 110 de desescoriado, deben ser verdaderas las siguientes condiciones: horno activo con ángulo de inclinación cero y tapa abierta.

En el modo manual, cuando se realiza una entrada de permiso de un comando "extracción de escoria" con el dispositivo de control de entrada, el aparato 30 robótico ejecuta los movimientos requeridos para agarrar la herramienta 110 de desescoriado de su posición de almacenamiento a través del elemento 32 de interfaz de herramienta estándar situado en el escudo 114 de calor mostrado en la Fig. 7. Los movimientos robóticos son controlados mediante instrucciones del sistema de control de proceso integrado. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos requeridos para abrir las conchas (si no están ya abiertas) e introducir la herramienta de desescoriado en el baño del horno activo para recoger material de escoria entre las conchas mediante el cierre de las conchas. Por ejemplo, puede suministrarse aire comprimido desde el aparato 30 robótico a unos cilindros neumáticos montados de manera adecuada en la herramienta de desescoriado a través del elemento 32 de interfaz estándar robótico en la herramienta de desescoriado. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos requeridos para extraer la herramienta de desescoriado del baño hasta una ubicación de extracción de escoria. En algunos ejemplos de la invención, la ubicación de extracción de escoria puede ser un carro de escoria similar al descrito anteriormente, o una abertura en el suelo del espacio de operación del horno que se abre hacia un foso de escoria. El aparato robótico puede entonces ejecutar movimientos para hacer retornar la herramienta de desescoriado de vuelta a su posición de almacenamiento, o para repetir el proceso de extracción de escoria.

Para algunos procesos de extracción de escoria, puede ser necesaria la adición de un coagulante de escoria al baño en un horno antes de la introducción en el baño para recoger y capturar la escoria. Para estos procesos de extracción de escoria, el aparato 30 robótico puede ejecutar los siguientes movimientos: agarrar la herramienta 78 de coagulante de escoria almacenada en el aparato 50; posicionar adecuadamente la herramienta de coagulante de escoria en la parte inferior de una deslizadera de transporte de coagulante de escoria, que puede opcionalmente estar situado en el aparato 50, para recibir coagulante de escoria suministrado a través de la deslizadera desde el exterior del espacio de operación del horno a la herramienta; depositar el coagulante de escoria sobre la herramienta en el interior del baño del horno activo; y devolver la herramienta 78 de coagulante de escoria a su posición de almacenamiento en el aparato 50. Después de añadir el coagulante de escoria, el aparato robótico puede iniciar la ejecución de uno de los procesos de extracción de escoria descritos anteriormente.

En el presente ejemplo no limitante de la invención, para el control (modo) manual de una operación o proceso de comprobación de puesta a tierra del baño, el operador humano inicia el proceso de comprobación de puesta a tierra por medio de un dispositivo de control de entrada manual adecuado, tal como un botón en el procesador 24 de equipamiento de horno que emite una señal a un procesador 28 de supervisión. El procesador de supervisión puede emitir una señal al procesador 34 de robot para que el aparato 30 robótico lleve a cabo un proceso de comprobación de puesta a tierra tal como se describe más adelante con mayor detalle. Para un proceso de comprobación de puesta a tierra completamente automático, las señales del dispositivo de control de entrada manual son inhibidas y el procesador 28 de supervisión controla los estados de las variables de comprobación de puesta a tierra. El proceso

de comprobación de puesta a tierra se ejecuta para el horno activo para determinar si el baño en el horno está eléctricamente puesto a tierra.

Para la ejecución de un proceso de comprobación de puesta a tierra, deben ser verdaderas las siguientes condiciones: horno activo con ángulo de inclinación hacia atrás cero y tapa abierta.

5 En este ejemplo no limitante de la invención, los estados de las variables de comprobación de la puesta a tierra del baño incluyen la posición de la sonda 72 de puesta a tierra cuando se lleva a cabo el proceso de comprobación de puesta a tierra del baño y la sonda 72 de puesta a tierra se inserta en el horno activo. La sonda de puesta a tierra incluye conexiones eléctricas desde la sonda a su elemento 32 interfaz estándar fijado al extremo de la sonda, donde las conexiones eléctricas hacen contacto con conexiones eléctricas en el agarrador del aparato 30 robótico de modo que cuando el aparato robótico agarra la sonda de puesta a tierra y la inserta en el baño, la punta de la sonda que hace contacto con el nivel de la superficie del baño cerrará un circuito eléctrico a través del baño y el horno que indica una puesta a tierra del baño adecuada.

15 Para la ejecución de un proceso de comprobación de puesta a tierra, el aparato robótico ejecuta los movimientos requeridos para agarrar la sonda 72 de puesta a tierra en el aparato 50 de transporte y herramienta integrado, cuyos movimientos son controlados por instrucciones del sistema de control de proceso integrado. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos requeridos para introducir la sonda de puesta a tierra agarrada en el horno activo. Para un baño de horno adecuadamente puesto a tierra, cuando la punta de la sonda de puesta a tierra contacta con el nivel de la superficie del baño, se cierra un circuito eléctrico, y el procesador 34 de robot puede emitir una señal adecuada al procesador 28 de supervisión, que puede reemitir el estado de puesta a tierra del baño adecuado a componentes del sistema requeridos tales como una pantalla de vídeo de un ordenador. La posición del aparato robótico cuando la punta de la sonda de puesta a tierra contacta con el nivel de la superficie del baño puede utilizarse en el sistema de control de proceso integrado para establecer un dato de referencia del nivel de la superficie que puede usarse durante la ejecución de otros procesos de fundición del horno. El programa de ordenador de control de proceso integrado puede incluir una condición de límite acerca de la distancia que el aparato robótico puede introducir la punta de la sonda de puesta a tierra en el baño antes de que el sistema de control declare un estado de condición "baño no puesto a tierra" y ejecute una o más rutinas de programa basándose en un estado de condición "baño no puesto a tierra". Por ejemplo, puede desconectarse la alimentación eléctrica al horno que contiene el baño que no está puesto a tierra o el sistema de control puede emitir una alarma visual y/o audible.

20 En el presente ejemplo no limitante de la invención, para un control (modo) manual de un proceso u operación de comprobación de temperatura, el operador humano inicia un proceso de comprobación de temperatura por medio de un dispositivo de control de entrada manual adecuado, tal como un botón en el procesador 24 del equipamiento del horno que emite una señal al procesador 28 de supervisión. El procesador de supervisión puede emitir una señal a un procesador 34 de robot para que el aparato 30 robótico efectúe un proceso de comprobación de temperatura como se describe más adelante. Para un proceso de comprobación de temperatura completamente automático, se inhiben las señales desde el dispositivo de control de entrada y el procesador 28 de supervisión controla los estados del proceso de comprobación de temperatura. El proceso de comprobación de la temperatura es ejecutado para que el horno activo determine la temperatura del baño en el horno.

25 Para la ejecución de un proceso de comprobación de temperatura, debe ser verdadero el siguiente estado de condición: horno activo con ángulo de inclinación hacia atrás cero y tapa abierta.

30 En este ejemplo no limitante de la invención, los estados de variable de comprobación de temperatura incluyen la posición de una pica de inmersión de temperatura. Durante el proceso de comprobación de temperatura se inserta una sonda de temperatura en la pica de inmersión de temperatura agarrada por el aparato robótico, que se inserta en el baño del horno activo. La sonda de temperatura incluye conexiones eléctricas desde la sonda a la pica de temperatura que se inserta. Las conexiones eléctricas continúan desde la pica al elemento 32 de interfaz estándar conectado al extremo de la pica, donde las conexiones eléctricas hacen contacto con conexiones eléctricas en el agarrador del aparato 30 robótico de modo que cuando el aparato robótico agarra la pica de temperatura e introduce la sonda de temperatura de la pica en el baño, la temperatura del baño medida por la sonda de temperatura en la pica será transmitida de vuelta al procesador 34 de robot, y el procesador de robot puede emitir la señal de temperatura medida al procesador 28 de supervisión, que puede entonces reemitir la temperatura del baño medida a los componentes del sistema requeridos.

35 En modo manual, cuando se produce una entrada permisiva de un comando "comprobar temperatura del baño" con el dispositivo de control de entrada, el aparato 30 robótico ejecuta los movimientos requeridos para agarrar la pica 76 de temperatura en el aparato 50 de transporte y herramienta integrado, cuyos movimientos son controlados mediante instrucciones del sistema de control de proceso integrado. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos requeridos para insertar (ver la flecha etiquetada "A" en la Fig. 5 para la ubicación de la inserción de la pica) la pica 76 de inmersión de sonda de temperatura en el interior hueco de la sonda 84a de temperatura, que está posicionada en la posición "preparado" en el aparato 50, tal como se describe más adelante. La sonda de temperatura y la pica pueden ser, por ejemplo, una sonda y pica de termopar disponibles de HERAEUS ELECTRO-NITE. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos necesarios para insertar la sonda de temperatura en la

5 pica agarrada por el aparato robótico en el baño del horno activo durante un período de tiempo de “medida de temperatura de baño”, después de cuyo período de tiempo el aparato 30 robótico extrae la sonda de temperatura del baño y puede detenerse para esperar una entrada del operador humano antes de deshacerse de la sonda de temperatura y de devolver la pica 76 de temperatura al aparato 50. La selección del operador humano de entradas manuales puede incluir “repetir comprobación de temperatura”, “cambiar sonda de temperatura” o “finalizar comprobación de temperatura”, que puede realizarse en el procesador 24 de equipamiento de horno.

En respuesta a una entrada “repetir comprobación de temperatura”, el aparato 30 robótico ejecuta movimientos programados para introducir la sonda de temperatura en la pica agarrada en el horno activo, tal como se ha descrito anteriormente.

10 En respuesta a una entrada “cambiar sonda de temperatura”, el aparato 30 robótico ejecuta movimientos programados para quitar la sonda de temperatura actualmente en la pica 76 e insertar la pica en el interior hueco de otra sonda 84a de temperatura en la posición “preparado” en el aparato 50 tal como se describe con mayor detalle más adelante, e introducir la nueva sonda de temperatura en la pica en el baño del horno activo. Un ejemplo no limitante de un método de extracción de una sonda de temperatura en la pica comprende la ejecución de movimientos por el aparato robótico para dejar la sonda de temperatura de la pica en el muestreador de metal y la deslizadera 54 de sonda de temperatura y retraer la pica de inmersión de la sonda tirando de la pica a través de la muesca 54a (Fig. 4) en la parte superior de la deslizadera 54 para quitar la sonda de temperatura de la pica 76, lo que provoca que la sonda separada deslice hacia abajo de la deslizadera 54 y salga del espacio de operación del horno.

20 En respuesta a una entrada “finalizar comprobación de temperatura”, el aparato 30 robótico ejecuta movimientos programados para extraer la sonda de temperatura actualmente en la pica 76 de inmersión de temperatura, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, y devolver la pica 76 a su ubicación de almacenamiento en el aparato 50.

25 Se puede almacenar un suministro de sondas 84 de temperatura en el aparato 50 de transporte y herramienta integrado como se ilustra en la Fig. 4, Fig. 5 y Fig. 6. Se puede posicionar adecuadamente en el aparato 50 uno o más dispositivos de detección adecuados, tal como uno o más sensores fotoeléctricos, de modo que se puedan detectar los siguientes estados de condición, por ejemplo: “bajo número de sondas de temperatura” en el aparato 50; y “no queda ninguna sonda de temperatura” en el aparato 50. Los estados de condición detectados pueden ser transmitidos a un procesador 28 de supervisión para su procesamiento subsiguiente. Las sondas de temperatura almacenadas en el aparato 50 se dejan caer por gravedad por la rampa 60 inclinada con un actuador 62 que controla el avance de una sonda de temperatura hasta la ubicación de sonda de temperatura “lista” en la parte inferior de la rampa 60. La sonda de temperatura en la posición de preparado es identificada como sonda 84a de temperatura en la Fig. 5 y la Fig. 6. Cuando se realiza una entrada de “comprobar temperatura” o “cambiar sonda de temperatura”, si el sensor 85 detecta “ninguna sonda de temperatura restante”, el sensor puede introducir una señal a un procesador 28 de supervisión de modo que se inhibirán intentos del aparato robótico para insertar la pica 76 en una sonda de temperatura hasta que haya una sonda de temperatura disponible en la posición “preparado” en el aparato 50.

40 En otros ejemplos de la invención, se puede utilizar más de un tipo de sonda de temperatura. En aquellas disposiciones se puede proporcionar en el aparato 50 un suministro separado de cada tipo de sonda de temperatura, por ejemplo, en bandejas separadas, y se puede realizar la selección en modo manual o automático de la sonda de temperatura adecuada en la posición “preparado” en la bandeja adecuada.

45 En otros ejemplos de la invención, en lugar de las sondas de temperatura, o en combinación con las mismas, el aparato 30 robótico puede ejecutar un proceso de comprobación de temperatura agarrando un dispositivo de medida de la temperatura sin contacto y apuntando con él a la superficie del baño en un horno para obtener una medida de temperatura sin contacto del baño para su transmisión a un procesador 28 de supervisión.

50 En el presente ejemplo no limitante de la invención, para el control (modo) manual de una operación o proceso de muestreo de metal, el operador humano inicia una operación o proceso de muestreo de metal mediante un dispositivo de control de entrada manual adecuado, tal como un botón en un procesador 24 de equipamiento de horno que emite una señal al procesador 28 de supervisión. El procesador de supervisión puede emitir una señal a un procesador 34 de robot para que el aparato 30 robótico lleve a cabo un proceso de muestreo de metal tal como se describe con mayor detalle más adelante. Para un proceso de muestreo de metal completamente automático, se inhiben las señales del dispositivo de control de entrada manual y el procesador 28 de supervisión controla los estados de proceso de muestreo de metal. El proceso de muestreo de metal es ejecutado para el horno activo para determinar la composición química o calidad del baño en el horno.

55 Para la ejecución de un proceso de muestreo de metal, deben ser verdaderos los siguientes estados de condición: horno activo con inclinación hacia atrás cero y tapa abierta.

En este ejemplo no limitante de la invención, las variables de estado de muestreo de metal incluyen la posición de una pica de muestreo. Durante el proceso de muestreo de metal, se inserta un muestreador de metal en la pica de

muestreo agarrada por el aparato robótico, que es insertado en el baño del horno activo. El muestreador de metal puede ser una estructura cerámica hueca con uno o más orificios de flujo en el interior hueco de modo que cuando el muestreador de metal es introducido en el baño con una orientación adecuada, el metal fundido llenará el interior hueco y se solidificará dando lugar a una muestra de metal que se analizará adecuadamente.

5 En el modo manual, cuando de manera permisiva un comando “tomar muestra de metal” con el dispositivo de control de entrada, el aparato 30 robótico ejecuta movimientos requeridos para agarrar la pica 74 de inmersión de muestreador de metal del aparato 50 de transporte y herramienta integrado, cuyos movimientos son controlados por instrucciones del sistema de control de proceso integrado. El aparato robótico ejecuta entonces movimientos necesarios para insertar la pica de inmersión en el interior hueco del muestreador 82a de metal en la posición “preparado” del aparato 50, como se describe con mayor detalle más adelante. El muestreador de metal y la pica pueden ser, por ejemplo, un muestreador de metal y una pica disponibles de HERAEUS ELECTRO-NITE. El aparato robótico ejecuta entonces movimientos requeridos para insertar el muestreador de metal en la pica agarrada por el aparato robótico en el baño de horno activo durante un período de tiempo de “tomar muestra de metal”, después de cuyo período de tiempo el aparato 30 robótico extrae el muestreador de metal del baño y saca el muestreador de metal que contiene la muestra metálica del espacio de operación del horno. Un ejemplo no limitante de extracción del muestreador de metal del espacio de operación del horno comprende la ejecución de movimientos por parte del aparato robótico para dejar el muestreador de metal de la pica en la deslizadera 54 de sonda de termopar usada y muestreador de metal y retraer la pica de inmersión de la sonda tirando de la pica a través de la muesca 54a (Fig. 4) en la parte superior de la deslizadera 54 para quitar el muestreador de metal de la pica 74, lo que hace que el muestreador de metal quitado deslice hacia debajo de la deslizadera 54 y salga del espacio de operación del horno. La Fig. 5 ilustra el muestreador 82b de metal posicionado en la deslizadera 54 después de haber sido quitado de la pica 74 pero antes de deslizar hacia debajo de la deslizadera. Después de quitar el muestreador de metal de la pica, el aparato 30 robótico ejecuta movimientos para devolver la pica 74 de muestreo de nuevo a su posición de almacenamiento en el aparato 50.

25 El aparato 50 puede incluir una superficie cargada mediante muelle en la carcasa 88 para absorber cualquier fuerza ejercida por los movimientos del aparato 30 robótico cuando inserta la pica en el muestreador 82a de metal en la posición “preparado” en el aparato 50 para evitar dañar el muestreador de metal por la fuerza de compresión contra un elemento estructural rígido del aparato 50. Además, el aparato 50 puede incluir un mecanismo de desplazamiento rotacional para asegurar que el muestreador de metal en la posición “preparado” está adecuadamente orientado para su inserción en el baño por el aparato robótico si el muestreador de metal debe ser orientado adecuadamente para el llenado del muestreador de metal con metal fundido del baño.

Se puede almacenar un suministro de muestreadores 82 de metal en el aparato 50 de transporte y herramienta integrada tal como se ilustra en la Fig. 4, la Fig. 5 y la Fig. 6. Se pueden posicionar en el aparato 50 uno o más dispositivos de detección adecuados, tal como uno o más sensores fotoeléctricos, de modo que puedan detectarse los siguientes estados de condición, por ejemplo: “bajo número de muestreadores de metal” en el aparato 50; y “ningún muestreador de metal restante” en el aparato 50. Los estados de condición detectados pueden transmitirse al procesador 28 de supervisión para su procesamiento subsiguiente. Los muestreadores de metal almacenados en el aparato 50 se suministran por gravedad hacia abajo por una rampa 64 inclinada con un actuador 66 adecuado que controla el avance del muestreador de metal hasta la posición del muestreador de metal “preparado” en la parte inferior de la rampa 64. El muestreador de metal en la posición de preparado es identificado como un muestreador 82a de metal en la Fig. 5 y la Fig. 6. Cuando se realiza una entrada “tomar muestra de metal”, si el sensor 89 detecta “ningún muestreador de metal restante”, el sensor puede introducir una señal al procesador 28 de supervisión de modo que el aparato robótico se inhiba de intentar movimientos para insertar la pica 74 en un muestreador de metal hasta que haya un muestreador de metal disponible en la posición “preparado” en el aparato 50.

45 En algunos ejemplos de la invención, se puede utilizar más de un tipo de muestreador de metal. Por ejemplo, se pueden usar muestreadores de metal de cuña y muestreadores metalúrgicos (determinación de recorte). En dichas disposiciones, se puede proporcionar un suministro separado de cada tipo de muestreador de metal en el aparato 50, por ejemplo en bandejas diferentes, y se puede realizar una selección de modo manual o automática del muestreador de metal adecuado en la posición “preparado” en la bandeja adecuada.

50 En algunos ejemplos de la invención, se puede utilizar una herramienta de muestreo de metal de cuchara (herramienta de cuchara). La herramienta de cuchara puede tener un diseño cazo metalúrgico de fundición. La herramienta de cuchara puede almacenarse en cualquier ubicación adecuada en el aparato 50 de transporte y herramienta integrada. En el modo manual, cuando se introduce de manera permisiva una entrada de “tomar muestra de metal de cuchara” con el dispositivo de control de entrada, el aparato 30 robótico ejecuta los movimientos necesarios para agarrar la herramienta de cuchara en el aparato de transporte y herramienta integrada, siendo controlados dichos movimientos mediante instrucciones del sistema de control de proceso integrado. Cuando se utiliza la herramienta de muestreo de metal de cuchara, las variables de estado de muestreo de metal pueden incluir la posición de la herramienta de muestreo de metal de cuchara. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos requeridos para introducir la herramienta de cuchara en el baño de horno activo para llenar el soporte de metal fundido en la herramienta de cuchara con una muestra del metal fundido del baño. El aparato robótico ejecuta entonces los movimientos necesarios para verter el metal fundido desde el soporte de metal fundido a un contenedor de muestra, que puede ser, por ejemplo, un “cazo rápido”, “cazo de enfriamiento” o “cuña de

enfriamiento”, como es conocido en aplicaciones de fundición. La muestra de baño fundido solidificada en el contenedor puede extraerse adecuadamente el espacio de operación de fundición.

5 En otros ejemplos de la invención, en lugar de muestreadores de metal, o en combinación con los mismos, el aparato 30 robótico puede ejecutar un proceso de muestreo de metal agarrando un dispositivo de muestreo de metal sin contacto, tal como un espectrómetro, y apuntando con el mismo hacia la superficie del baño en el horno para obtener un análisis sin contacto del baño para su transmisión al procesador 28 de supervisión.

10 En el presente ejemplo no limitante de la invención, para el control (modo) manual de un proceso de adición de materiales de recorte, el operador humano inicia un proceso de adición de materiales de recorte mediante un dispositivo de control de entrada manual adecuado, tal como un botón en un procesador 24 de equipamiento de horno que emite una señal a un procesador 28 de supervisión. El procesador de supervisión puede emitir una señal al procesador 34 de robot para que el aparato 30 robótico efectúe un proceso de adición de materiales de recorte como se describe más adelante con mayor detalle. Para un proceso de adición de materiales de recorte completamente automático, se inhiben las señales del dispositivo de control de entrada manual y el procesador 28 de supervisión controla los estados del proceso de adición de materiales de recorte. El proceso de adición de materiales de recorte es ejecutado para el horno activo para la adición de materiales de recorte tales como, por ejemplo, carburo de silicio o siliciuro de hierro, para alterar la composición química del baño en el horno.

15 Para la ejecución de un proceso de adición de materiales de recorte, deben ser verdaderos los siguientes estados de condición: horno activo con ángulo de inclinación hacia atrás cero y tapa abierta.

20 En este ejemplo no limitante de la invención, las variables de estado de la adición de materiales de recorte incluyen la posición de la herramienta de materiales de recorte en la que se añaden los materiales para depositarlos en el baño del horno activo.

25 Para este ejemplo no limitante de la invención, se almacena la herramienta (vasija) 79 de materiales de recorte en la parte inferior del aparato 50. Los materiales de recorte se colocan en la deslizadera 68 de materiales de recorte fuera del espacio de operación del horno, lo que provoca que los materiales de recorte deslicen hacia debajo de la deslizadera hasta la vasija 79. En el modo manual, cuando se introduce de manera permisiva un comando “añadir materiales de recorte” con el dispositivo de control de entrada, el aparato 30 robótico ejecuta los movimientos requeridos para agarrar la herramienta (vasija) 78 de material de recorte en su posición de almacenamiento en el aparato 50, con los materiales de recorte sobre la vasija; desplazar la vasija para depositar el material de recorte en el baño del horno activo; y devolver la vasija vacía a su posición de almacenamiento en el aparato 50.

30 En otros ejemplos de la invención, puede utilizarse un dispensador de materiales de recorte automático que suministra automáticamente cantidades adecuadas de diferentes materiales de recorte a la herramienta 79 de materiales de recorte.

35 Cualquiera de los estados de condición anteriores verdadero/falso puede ser introducido en el sistema de control integrado de la presente invención mediante sensores adecuados tales como conmutadores de limitación mecánica, fotosensores u otros dispositivos adecuados. Si un estado de condición no se detecta cuando se requiere, se puede mostrar un mensaje de error en un dispositivo de salida adecuado, tal como una pantalla de vídeo de ordenador, para indicar el estado de condición de fallo.

40 Un ejemplo no limitante del moto automático completo del sistema de control integrado de la presente invención en un sistema de horno doble es como sigue. El operador humano selecciona mediante un dispositivo de entrada adecuado, tal como un interruptor de selección situado en el procesador 24 de equipamiento de horno, el modo completamente automático. Inicialmente todo el equipamiento se desplaza a sus respectivas posiciones iniciales, si no está ya en esas posiciones. La ejecución del programa en respuesta a un comando “todos a inicio” es, secuencialmente: aparato 30 robótico completa cualquier proceso de fundición de horno que pueda estar siendo ejecutado en el momento en que se introduce el comando “todos a inicio” y vuelve a la posición de inicio del aparato robótico que se define más adelante; los carros de carga vuelven a las posiciones iniciales de coches de carga según se ha definido anteriormente; los carros de escoria vuelven a las posiciones iniciales de carro de escoria definidas anteriormente; y los hornos vuelven a las posiciones iniciales de horno definidas anteriormente. La “posición inicial” para el aparato 30 robótico es neutral con relación a ambos hornos, y para el ejemplo no limitante del aparato robótico usado en la presente invención, todos los ejes del aparato robótico se retraen a sus posiciones más compactas.

50 El operador humano puede entonces introducir una señal “completamente automático” en el sistema de proceso integrado mediante un dispositivo de entrada adecuado, tal como un interruptor de selección en el procesador 24 de equipamiento de horno, que puede emitir la señal adecuada al procesador 28 de supervisión para asumir el comando global y el control de todos los procesos. En el modo completamente automático de este ejemplo no limitante de la invención, el programa de ordenador de sistema de control de proceso integrado inicia los pasos de proceso 1 y 2 al mismo tiempo.

El paso de proceso 1 comienza con un horno 20 vacío. El horno 20 tiene un ángulo de inclinación cero y la tapa 20a abierta. Entonces el carro 40 de carga se desplaza al horno 20 y comienza a cargar el horno 20 mediante vibración,

como se ha descrito anteriormente, para arrojar la carga desde el coche de carga al horno. La vibración tendrá lugar durante intervalos de tiempo periódicos on/off hasta que comienza el paso 3 del proceso (más adelante); en ese momento, todo el equipamiento asociado al horno 20 vuelve a sus posiciones iniciales.

5 El paso 2 del proceso comienza con un baño de metal fundido en el horno 22. El horno 22 se inclina hacia atrás hacia el ángulo de escoria hacia atrás y la tapa 22a se abre. Entonces el procesador 34 de robot envía instrucciones secuenciales al aparato 30 robótico para que lleve a cabo los procesos de función de horno para el horno 22 como sigue. El aparato robótico ejecuta los siguientes procesos, como se ha descrito anteriormente, para el horno 22: proceso de extracción de escoria; proceso de comprobación de puesta a tierra; proceso de comprobación de temperatura; proceso de muestreo de metal; y proceso de adición de materiales de recorte. Cuando se han completado estos procesos, todo el equipamiento asociado al horno 22 vuelve a sus respectivas posiciones iniciales. 10 El horno 22 se inclina hacia adelante hasta un ángulo de vertido durante un período de tiempo “vertido de horno” y luego retorna a un ángulo de inclinación cero. El baño de metal fundido es vertido desde el horno a un contenedor adecuado, tal como una vasija o artesa. El horno 22 continúa con un ángulo de inclinación cero hasta que comienza el paso 3 del proceso (más adelante).

15 Cuando terminan los pasos del proceso 1 y 2, en el modo completamente automático de este ejemplo no limitante de la invención, el programa de ordenador del sistema de control de proceso integrado comienza los pasos 3 y 4 del proceso al mismo tiempo.

El paso 3 del proceso comienza con un baño de metal fundido en el horno 20. Como se ha mencionado anteriormente en el paso 1 del proceso, todo el equipamiento asociado al horno 20 vuelve a sus posiciones iniciales 20 en el inicio del paso 3 del proceso. El horno 20 se inclina hacia atrás hacia el ángulo de escoria hacia atrás y la tapa 20a se abre. Entonces, el procesador 34 de robot envía instrucciones secuenciales al aparato 30 robótico para llevar a cabo procesos de fundición de horno para el horno 20 como sigue. El aparato robótico ejecuta los siguientes procesos, como se ha descrito anteriormente, para el horno 20: proceso de extracción de escoria; proceso de comprobación de puesta a tierra; comprobación de temperatura; proceso de muestreo de metal; y proceso de adición de materiales de recorte. Cuando se completan estos procesos, todo el equipamiento asociado al horno 20 25 vuelve a sus respectivas posiciones de inicio. El horno 20 se inclina hacia adelante según un ángulo de vertido durante un período de tiempo “vertido de horno” y luego retorna a un ángulo de inclinación cero. El baño de metal fundido es vertido desde el horno hasta un contenedor adecuado, tal como un caldero o artesa. El horno 20 permanece con un ángulo de inclinación de cero hasta que comienza el paso 5 (más adelante).

30 El paso 4 del proceso comienza con un horno 22 vacío. El horno 22 tiene un ángulo de inclinación cero y la tapa 22a se abrirá. Entonces el carro 42 de carga se desplaza al horno 22 y comienza la carga del horno 22 mediante vibración para arrojar carga desde el carro de carga al horno. La vibración tendrá lugar según intervalos de tiempo periódicos on/off hasta que comienza el paso 5 del proceso.

El paso 5 del proceso comienza con un horno 20 vacío y un baño de metal fundido en el horno 22: en el modo 35 completamente automático de este ejemplo no limitante de la invención, el programa de ordenador del sistema de control de proceso integrado continua la ejecución de una secuencia de proceso de bucle cerrado que comprende los pasos anteriores 1 a 4, con la ejecución de los pasos descritos anteriormente, hasta una interrupción de programa, tal como por ejemplo la introducción por el operador humano de un comando “modo manual” en el sistema de control de proceso integrado por un dispositivo de entrada adecuado. El programa puede procesar dicha 40 interrupción con una rutina de interrupción que da como resultado la ejecución de la rutina “todos a inicio” descrita anteriormente y una pausa del sistema de control de proceso integrado para un comando de entrada.

En el ejemplo no limitante anterior de un modo completamente automático del sistema de control integrado de la presente invención, en el inicio de los pasos 1 y 2, el horno 20 está vacío y el horno 22 tiene un baño de metal fundido. Se pueden realizar modificaciones adecuadas al proceso completamente automático anterior si los estados 45 del horno 20 y 22 son diferentes de los anteriores en el inicio de los pasos 1 y 2 del proceso.

Aunque en los ejemplos anteriores de la invención los estados del horno variables incluye posiciones de inclinación del horno, y la tapa del horno abierta o cerrada, para algunas operaciones de proceso de horno en otros ejemplos de la invención el proceso puede llevarse a cabo con el horno en la posición de inclinación cero y con la tapa del horno cerrada. Por ejemplo, en algunos ejemplos de la invención, la tapa del horno, u otra estructura del horno, puede 50 incluir una abertura de paso de herramientas, preferiblemente una abertura auto-sellada para evitar la pérdida de calor a través de la abertura cuando no hay ninguna herramienta insertada en la abertura. La abertura de paso de herramienta sería de un tamaño suficiente como para que una o más de las herramientas puedan insertarse en el baño con la tapa cerrada y el horno en la posición no inclinada. Por ejemplo, se podría insertar una sonda de puesta a tierra a través de la abertura para ejecutar el proceso de comprobación de puesta a tierra del baño tal como se ha descrito anteriormente, excepto por la eliminación de las condiciones de que el horno activo tenga un ángulo de inclinación hacia atrás cero y la tapa abierta. Similarmente, podría insertarse una cuchara de muestreo a través de la 55 abertura para ejecutar un proceso de muestreo de metal de cuchara tal como se ha descrito anteriormente, excepto por la eliminación de las condiciones de que el horno activo tenga un ángulo de inclinación hacia atrás cero y la tapa abierta. Similarmente, la sonda de temperatura en una pica de inmersión de temperatura podría insertarse a través de la abertura para ejecutar un proceso de comprobación de temperatura tal como se ha descrito anteriormente, 60

5 excepto por la eliminación de las condiciones de que el horno activo tenga un ángulo de inclinación hacia atrás cero y la tapa abierta. Similarmente, el muestreador de metal en una pica de muestreo puede insertarse a través de la abertura para ejecutar un proceso de muestreo de metal tal como se ha descrito anteriormente, excepto por la eliminación de las condiciones de que el horno activo tenga un ángulo de inclinación hacia atrás cero y la tapa abierta.

Aunque en los ejemplos anteriores de la invención se almacenan múltiples herramientas en el aparato 50 de transporte y herramienta integrado, en otros ejemplos de la invención las herramientas puede almacenarse en aparatos de almacenamiento individuales o múltiples agrupados situados en el espacio de operación del horno.

10 Opcionalmente, el aparato 30 robótico puede ejecutar un proceso de limpieza de lente si se utilizan uno o más sensores fotoeléctricos, por ejemplo, tal como se ha descrito anteriormente. El aparato robótico puede ejecutar movimientos que colocan una boquilla de alimentación de aire comprimido ubicada en el aparato robótico enfrente de la lente de cada sensor fotoeléctrico para emitir un chorro de aire comprimido para limpiar la lente.

15 En algunos ejemplos de la invención, en el modo automático, el operador humano puede puentear la ejecución del sistema de proceso de control integrado tal como se ha descrito anteriormente para alterar selectivamente porciones del modo automático de operación. El sistema de proceso de control integrado puede continuar la ejecución en el modo automático con las modificaciones realizadas por el operador humano.

20 Componentes de otros hornos de fundición de metal de inducción eléctrica, tales como hornos, aparatos de carga, aparatos de desescoriado, aparatos robóticos, herramientas y otros utillajes, aparatos de almacenamiento de herramientas, estructuras de transporte que tienen variables de estado y/o estados de condición que varían con relación a los utilizados en los ejemplos anteriores de la invención están dentro del alcance de la presente invención cuando tales variables de estado y/o estados de condición son controlados por el sistema de control de proceso integrado de la presente invención.

25 Los ejemplos anteriores de la invención se han proporcionado únicamente con propósitos explicativos y de ningún modo deben interpretarse como limitantes de la presente invención. Aunque la invención se ha descrito con referencia a varias realizaciones, las palabras utilizadas en este documento son palabras de descripción e ilustración, en lugar de palabras de limitaciones. Aunque la invención se ha descrito en este documento con referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, no se pretende que la invención esté limitada a los detalles descritos en este documento; en lugar de ello, la invención se extiende a todas las estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes. Aquellos expertos en la materia, con ayuda de las enseñanzas de esta memoria y 30 las reivindicaciones adjuntas, podrán efectuar numerosas modificaciones en las mismas, y pueden realizarse cambios sin apartarse del alcance de la invención en sus aspectos.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato o instalación de control de proceso integrado para la fundición de metal por inducción eléctrica que comprende:

5 un horno de fundición de inducción eléctrica situado en un espacio de operación de horno contenido, teniendo el horno de fundición de inducción eléctrica uno o más estados de horno variables;

una instalación de suministro de carga para el suministro de una carga al horno de fundición de inducción eléctrica, teniendo la instalación de suministro de carga uno o más estados de suministro de carga variables;

10 una instalación de extracción de escoria para la extracción de escoria de un baño metálico fundido en el horno de fundición de inducción eléctrica, teniendo la instalación de extracción de escoria uno o más estados de extracción de escoria variables;

uno o más estados de proceso de horno variables en cada una de las operaciones de proceso de fundición de horno para un control de proceso integrado del baño de metal fundido en el horno de fundición de inducción eléctrico;

15 uno o más equipamientos de control de proceso integrado para controlar el uno o más estados de horno variables, estados de suministro de carga, estados de extracción de escoria, y estados de proceso de horno mediante control automático o manual, estando el uno o más equipamientos de control de proceso integrado situado fuera del espacio de operación de horno contenido;

20 un único aparato robótico para una ejecución del uno o más estados de proceso de horno variables, comprendiendo el aparato robótico único un brazo articulado no ambulatorio, estando situado el aparato robótico en el espacio de operación del horno contenido; y

25 una o más herramientas que terminan en un elemento de interfaz estándar para su agarre por el brazo articulado no ambulatorio de modo que el brazo articulado no ambulatorio accede a la una o más herramientas y ejecuta el uno o más de los estados de proceso de horno variables para el horno de fundición de inducción eléctrico;

caracterizado por que

el horno de fundición de inducción eléctrico comprende un primer horno (20) de fundición de inducción eléctrico y un segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrico;

30 comprendiendo la instalación de suministro de carga una primera instalación de suministro de carga para el suministro de una primera carga directamente al primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica y una segunda instalación de suministro de carga para el suministro de una segunda carga directamente al segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica;

35 comprendiendo la instalación de extracción de escoria una primera instalación de extracción de escoria para la extracción de una primera escoria de un primer baño de metal fundido en el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica y una segunda instalación de extracción de escoria para la extracción de una segunda escoria de un segundo baño de metal fundido en el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica;

40 teniendo el aparato (30) robótico único un brazo articulado no ambulatorio con seis grados de libertad para la ejecución del uno o más estados de proceso de horno variables en una secuencia de proceso de horno doble en bucle cerrado;

un aparato (50) de transferencia y herramienta integrado para almacenar la una o más herramientas utilizadas en la una o más operaciones de proceso de fundición de horno del primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica y el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica; y

45 estando el uno o más equipamiento (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrado configurado para la secuencia de proceso de horno doble en bucle cerrado que comprende:

50 el suministro de la primera carga y un fundido de la primera carga en el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica para el primer baño de metal fundido en el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica simultáneamente con la ejecución del uno o más estados de proceso de horno variable y un vertido de segundo horno de un segundo baño de metal fundido del segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica; y

el suministro de la segunda carga y un fundido de la segunda carga en el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica para un segundo baño de metal fundido simultáneamente con la

ejecución del uno o más estados de proceso de horno variable y un primer vertido de horno del primer baño de metal fundido del primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica.

2. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, donde los estados de horno variables son posiciones de inclinación y tapa abierta y cerrada.
- 5 3. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera instalación de suministro de carga comprende un primer carro (40) de carga para el suministro de la primera carga directamente al primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica, la segunda instalación de suministro de carga comprende un segundo carro (42) de carga para el suministro de la segunda carga directamente al segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica y los uno o más estados de suministro de carga variables comprenden una primera posición de coche de carga y una segunda posición de coche de carga del primer y segundo coches de carga respectivamente.
- 10 4. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera instalación de extracción de escoria comprende un primer carro (44) de escoria y una herramienta (80) de escoria en el aparato (50) de transferencia y herramienta integrada para el agarre por el aparato (30) robótico único y transferir hacia y desde el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica para extraer escoria del baño de metal fundido en el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica al primer carro (44) de escoria con la herramienta (80) de escoria, un segundo carro (46) de escoria y la herramienta (80) de escoria en el aparato (50) de transferencia y herramienta integrada para el agarre por el aparato (30) robótico único y transferir a y desde el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica para extraer escoria desde el baño de metal fundido en el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica al segundo carro (46) de escoria con la herramienta (80) de escoria, y el uno o más estados de extracción de escoria variables comprenden una primera y segunda posiciones de carro de escoria.
- 15 5. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera y segunda instalaciones de extracción de escoria comprenden una herramienta (110) de desescoriado de cubierta de concha y los uno o más estados de extracción de escoria variables comprenden al menos una posición de la herramienta de desescoriado de la herramienta (110) de desescoriado de cubierta de concha, comprendiendo la herramienta (110) de desescoriado de cubierta de concha una primera (112a) y segunda (112b) conchas accionadas entre una posición cerrada para capturar escoria entre la primera y segunda conchas y una posición abierta para liberar la escoria capturada de entre la primera (112a) y segunda (112b) conchas.
- 20 6. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una sonda (72) de puesta a tierra en el aparato (50) de transferencia y herramienta integrada para su agarre y transferencia a y desde el primer o el segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica mediante el brazo articulado no ambulatorio de modo que la punta de la sonda (72) de puesta a tierra hace contacto con el nivel de la superficie del primer o segundo baño de metal fundido en el primer o el segundo horno (20, 22) de fundición de inducción eléctrica para llevar a cabo la operación de proceso de fundición de horno de una comprobación de puesta a tierra del baño de metal fundido.
- 25 7. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 6, donde una posición de sonda de puesta a tierra de la sonda (72) de puesta a tierra con relación al nivel de la superficie del primer o segundo baño de metal fundido en el primer o segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica comprende el uno o más estados de proceso de horno variable.
- 30 8. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una sonda (84a) de temperatura situada en una posición preparada de sonda de temperatura en el aparato (50) de transferencia y herramienta integrada desde un suministro alimentado por gravedad de una pluralidad de sondas de temperatura del aparato (50) de transferencia y herramienta integrada, y una única pica (76) de inmersión de temperatura en el aparato (50) de transferencia y herramienta integrada para el agarre por el brazo articulado no ambulatorio, donde el brazo articulado no ambulatorio inserta la sonda (81a) de temperatura situada en la posición preparada de sonda de temperatura en la única pica (76) de inmersión de temperatura y transfiere la única pica (76) de inmersión de temperatura y la sonda (84a) de temperatura a y desde el primer o segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica para llevar a cabo la operación de proceso de fundición de horno de una operación de comprobación de temperatura.
- 35 9. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 8, donde una posición de pica de inmersión de temperatura de la pica (76) de inmersión de temperatura con la sonda (84a) de temperatura insertada como el brazo articulado no ambulatorio transfiere la pica (76) de inmersión de temperatura y la sonda (84a) de temperatura a y desde el primer o segundo hornos (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica comprende el uno o más estados de proceso de horno variables.
- 40 10. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende un muestreador (82a) de metal posicionado en una posición preparada de muestreador de metal del aparato (50) de transferencia y herramienta integrada desde un suministro por gravedad de una pluralidad de
- 45
- 50
- 55

- 5 muestradores de metal en el aparato (50) de transporte y herramienta integrado, y una única pica (74) de inmersión de muestreador de metal en el aparato (50) de transporte y herramienta integrado para su agarre mediante el brazo articulado y no ambulatorio, de modo que el brazo articulado no ambulatorio inserta el muestreador (82a) de metal posicionado en la posición preparada de muestreador de metal en la única pica (74) de inmersión de muestreador de metal y transfiere el muestreador (82a) de metal a y desde el primer o segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica.
- 10 11. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 10, donde una posición de pica de inmersión de muestreador de metal de la pica (74) de inmersión de muestreador de metal con el muestreador de metal insertado cuando el brazo articulado no ambulatorio transfiere la pica de muestreador de metal y el muestreador (82a) de metal a y desde el primer o segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica.
- 15 12. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una herramienta de muestreo de metal de cuchara almacenada en el aparato (50) de transporte y herramienta integrado para su agarre y transferencia hacia y desde el primer o el segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrico por parte del brazo articulado no ambulatorio para llevar a cabo la operación del proceso de fundición de horno de una operación de muestreo de metal, y la posición de herramienta de muestreo de metal de cuchara de la herramienta de muestreo de cuchara cuando la herramienta de muestreo de metal de cuchara es agarrada y transferida hacia y desde el primer o el segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrico por el brazo articulado no ambulatorio comprende el uno o más estados de proceso de horno variables.
- 20 13. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende una herramienta (79) de materiales de recorte en el aparato (50) de transporte y herramienta integrado para su agarre y transferencia hacia y desde el primer o el segundo horno (20 y 22) de fundición de inducción eléctrica por el brazo articulado no ambulatorio para llevar a cabo la operación de proceso de fundición de horno de una operación de adición de recortes.
- 25 14. Un aparato o instalación de control de proceso integrado de acuerdo con la reivindicación 13, donde una posición de herramienta de materiales de recorte cuando el brazo articulado no ambulatorio transfiere la herramienta (79) de materiales de recorte hacia y desde el primer o segundo horno (20 o 22) de fundición de inducción eléctrica comprende el uno o más estados de proceso de horno variables.
- 30 15. Un método para producir metal fundido a partir de un aparato o instalación de control de proceso integrado para la fundición de metal por inducción eléctrica, comprendiendo el método:
- ubicar en un espacio de horno contenido:
 - un primer horno de fundición de inducción eléctrica que tiene uno o más variables de horno variables;
 - un único aparato robótico para la ejecución de uno o más estados de proceso de horno variables, comprendiendo el único aparato robótico un brazo articulado no ambulatorio;
 - 35 una o más herramientas que terminan en un elemento de interfaz estándar para su agarre por el brazo articulado no ambulatorio de modo que el brazo articulado no ambulatorio accede a la una o más herramientas y ejecuta el uno o más estados de proceso de horno variables para el primer horno de inducción;
 - 40 ubicar fuera del espacio de operación de horno contenido uno o más equipamientos (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrados;
 - controlar el uno o más estados de horno variables con el uno o más equipamientos (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrados para producir un baño de metal fundido mediante el calentamiento inductivo de una carga depositada en el primer horno de inducción eléctrica;
 - 45 controlar uno o más estados de suministro de carga variables de una instalación de suministro de carga para un suministro de la carga al primer horno de fundición de inducción eléctrica con el uno o más equipamientos (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrados;
 - controlar uno o más estados de extracción de escoria variables de una instalación de extracción de escoria para extraer escoria del baño de metal fundido en el primer horno de fundición de inducción eléctrica con el uno o más equipamientos (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrados; y
 - 50 controlar el único aparato robótico con el uno más equipamientos de control de proceso integrados para llevar a cabo una o más operaciones de proceso de horno, interactuando el brazo articulado no ambulatorio con la una o más herramientas para llevar a cabo la una o más operaciones de proceso de fundición de horno;
- caracterizado por

dotar al brazo articulado no ambulatorio del único aparato (30) robótico de seis grados de libertad;

5 ubicar un segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica que tiene uno o más estados de horno variables en el espacio de horno contenido para llevar a cabo una secuencia de proceso de horno doble de bucle cerrado con el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica para la fabricación de metal fundido a partir del primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica y el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica;

10 ubicar un aparato (50) de transporte y herramienta integrada en el espacio de horno contenido para el almacenamiento y acceso por el único aparato (30) robótico a la una o más herramientas para una ejecución del uno o más estados de proceso de horno variable para el primer y el segundo hornos (20, 22) de fundición de inducción eléctrica durante la secuencia de proceso de horno doble de bucle cerrado; y

llevar a cabo la secuencia de proceso de horno doble de bucle cerrado:

15 suministrar una primera carga al primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica mediante el control de uno o más estados de suministro de carga variables de una primera instalación de suministro de carga de horno con el uno o más equipamientos (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrado para un primer baño de metal fundido en el primer horno (20) de fundición de inducción eléctrica simultáneamente con la ejecución del uno o más estados de proceso de horno variable y un vertido de segundo horno de un segundo baño de metal fundido desde el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica; y

20 suministrar una segunda carga al segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica mediante el control de uno o más estados de suministro de carga variable de una segunda instalación de suministro de carga de horno con los uno o más equipamientos (24, 26, 28, 34, 36) de control de proceso integrado para un segundo baño de metal fundido en el segundo horno (22) de fundición de inducción eléctrica simultáneamente con la ejecución del uno o más estados de proceso de horno variables y el vertido de segundo horno del segundo baño de metal fundido desde el primer horno de fundición de inducción eléctrica.

25

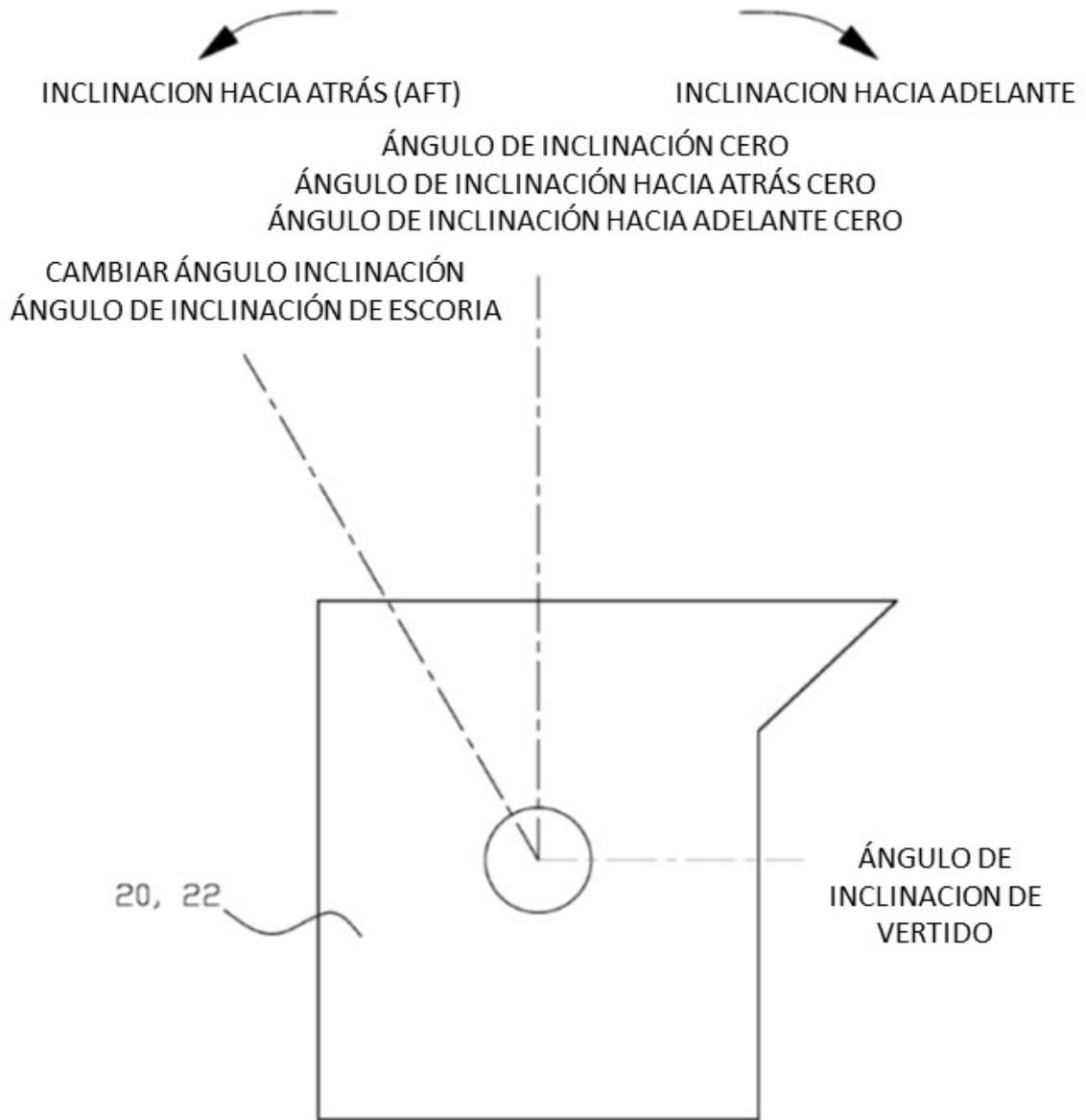


FIG. 2

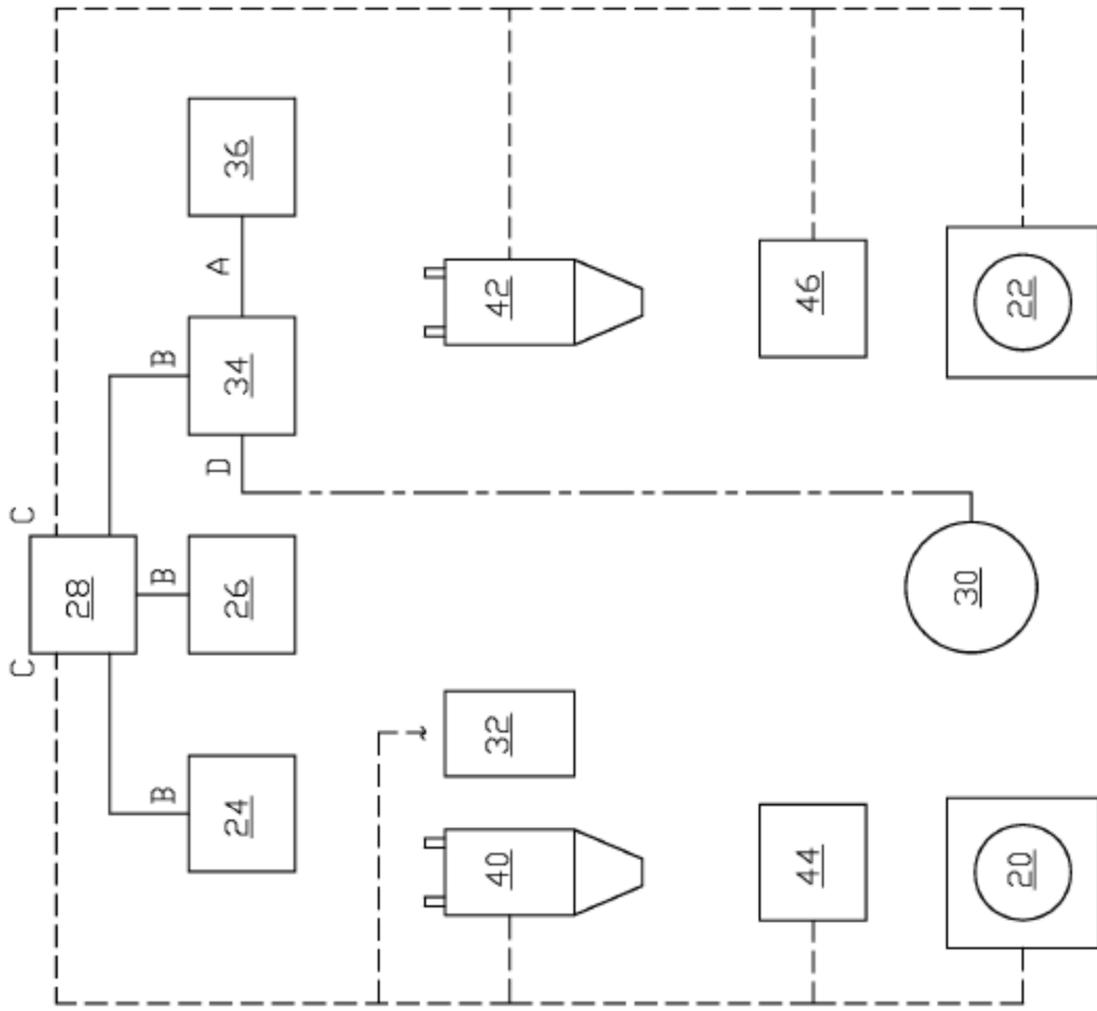


FIG. 3

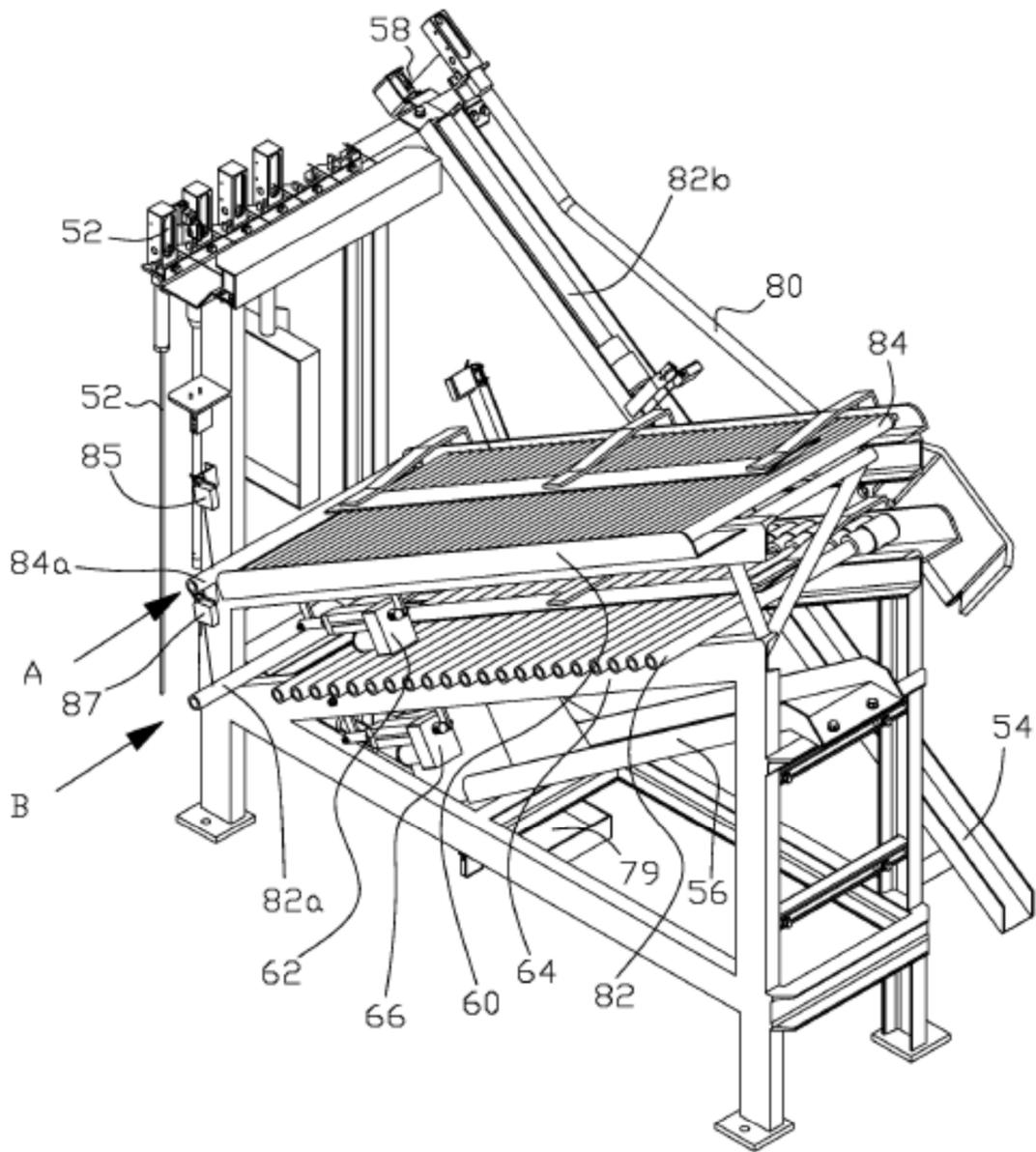


FIG. 5

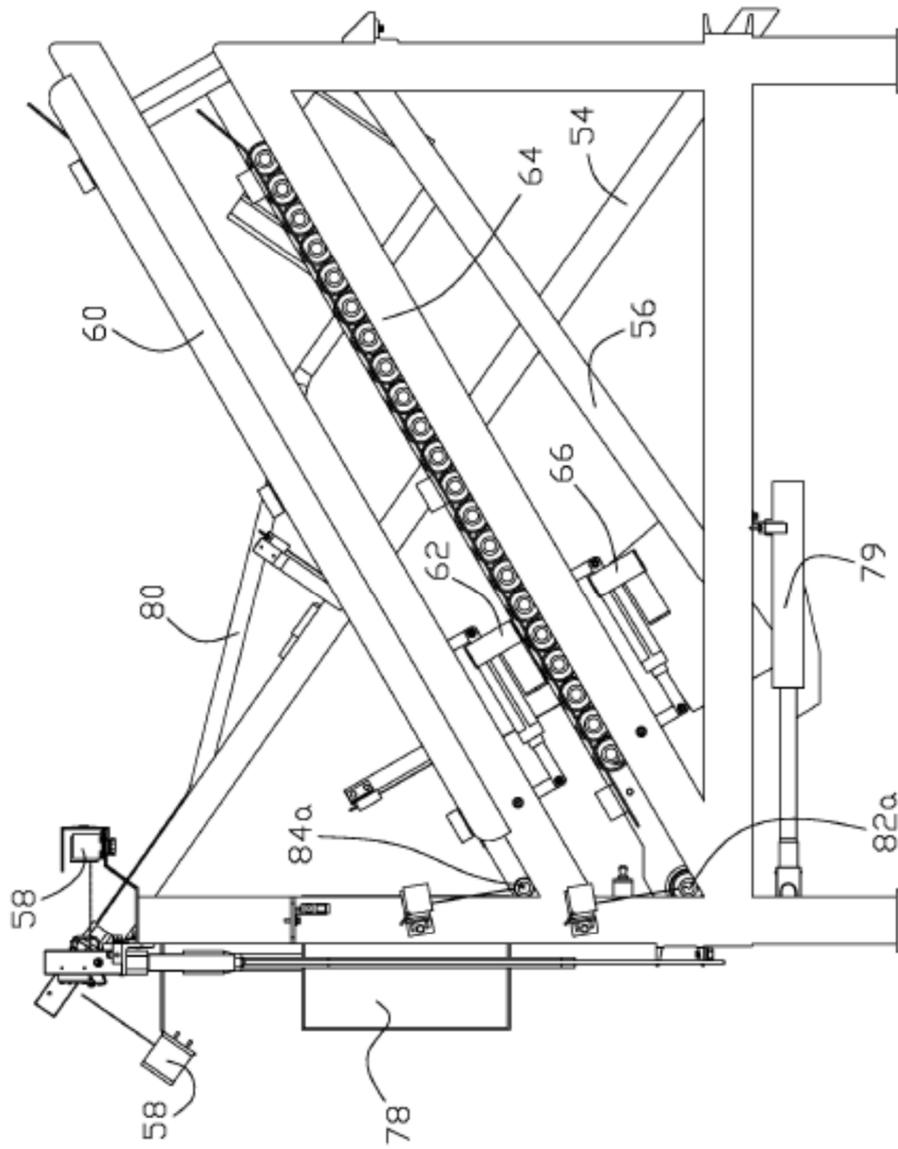


FIG. 6

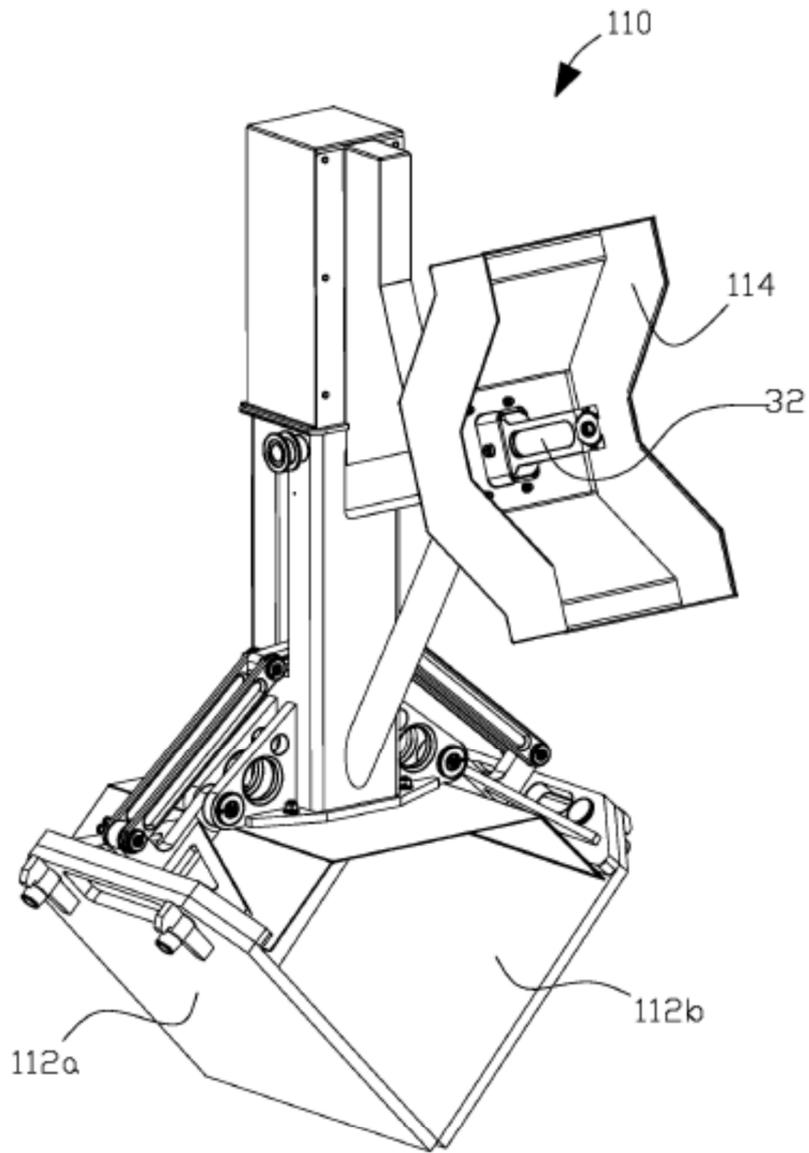


FIG. 7

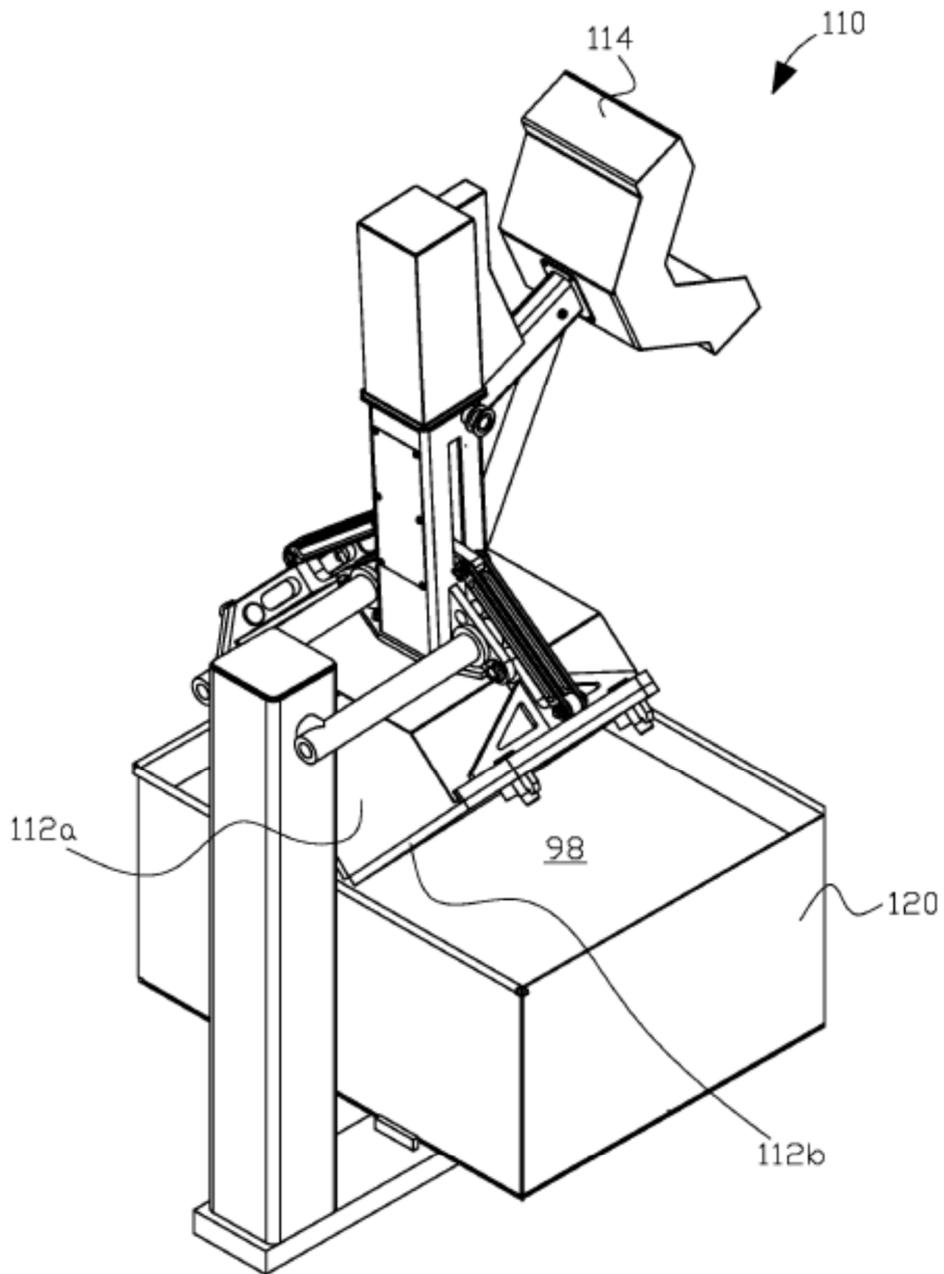


FIG. 8