

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 482 093**

51 Int. Cl.:

F27D 21/00 (2006.01)
C22B 9/16 (2006.01)
F27D 3/15 (2006.01)
C21B 7/12 (2006.01)
C21B 7/24 (2006.01)
C21C 5/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2008 E 08833532 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2198229**

54 Título: **Método para el control acústico de bloques de colada y elementos similares**

30 Prioridad:

28.09.2007 US 976218 P

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

01.08.2014

73 Titular/es:

**HATCH LTD. (100.0%)
Sheridan Science & Technology Park 2800
Speakman Drive
Mississauga, Ontario L5K 2R7 , CA**

72 Inventor/es:

**SADRI, AFSHIN;
GEBSKI, PAWEL B.;
WASMUND, BERT O. y
VOERMANN, NILS W.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 482 093 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

Método para el control acústico de bloques de colada y elementos similares

Campo Técnico

5 Las realizaciones descritas se refieren generalmente a métodos y sistemas de diagnóstico para hornos metalúrgicos. En particular, las realizaciones se refieren a sistemas y métodos para el control acústico en tiempo real de eventos que se producen durante la colada y la utilización de la lanza del canal de colada de un bloque de colada o elemento similar.

Antecedentes

10 La mayoría de los hornos metalúrgicos tiene al menos un bloque de colada con el fin de drenar el material fundido del proceso desde el horno. El proceso de drenaje del material de proceso fundido desde un horno metalúrgico a través de un bloque de colada se llama colada.

15 Los bloques de colada típicamente tienen una carcasa de cobre, elementos de refrigeración, material refractario y un canal de colada. La carcasa de cobre define una cara caliente, que es la cara del bloque de colada que está colocada más próxima al material de proceso fundido dentro del horno, y una cara fría, que está opuesta a la cara caliente. Debido al calor extremo del material de proceso fundido contenido dentro del horno, el bloque de colada tiene uno o más elementos de refrigeración para regular la temperatura del revestimiento refractario interior, el canal de colada y la carcasa de cobre. Los elementos de refrigeración son típicamente tuberías adyacentes a, o que rodean, al bloque de colada. El fluido de refrigeración es bombeado a través de las tuberías.

20 El paso a través del centro de bloque de colada, y la conexión de la cara caliente y la cara fría es el canal de colada. El canal de colada está rodeado por una o más capas de revestimiento refractario. El canal de colada es un paso generalmente circular a través del cual fluye el material de proceso fundido durante el proceso de colada. Los elementos de refrigeración del bloque de colada sirven para extraer el calor del revestimiento refractario y del canal de colada.

25 Cuando la colada no está en progreso, el canal de colada es comúnmente tapado utilizando arcilla resistente al calor, u otro material adecuado. El tapón de arcilla permanece en el canal de colada hasta que es requerida la colada. Cuando la colada se hace necesaria, el tapón de arcilla se debe retirar del canal de colada. Para retirar el tapón de arcilla, se rompe y se extrae en trozos utilizando una herramienta llamada lanza térmica. Un trabajador, denominado aquí como operario de colada normalmente maneja la lanza y golpea el tapón de arcilla en un intento de romper el tapón en pedazos para permitir que el material de proceso fundido fluya a través del canal de colada.
30 El operario de colada generalmente golpea el tapón de arcilla múltiples veces en un intento de limpiar totalmente el canal de colada. Además de la colada y la lanza, en algunos procesos, se utiliza la perforación para abrir el canal de colada.

35 Durante el proceso de utilización de la lanza, el operario de colada puede romper inadvertidamente algo del material refractario que reviste el canal de colada a lo largo del tapón de arcilla. Los golpes de la lanza pueden dañar el revestimiento refractario del bloque de colada. Además, el flujo de metal fundido a través del canal de colada puede erosionar gradualmente el revestimiento refractario del canal de colada lo que conduce al daño del bloque de colada. Los bloques de coladas dañados pueden presentar peligros de seguridad y pueden implicar costosos retrasos de producción cuando tienen que ser reparados.

40 La Publicación JP N° 07268428A expone un método para medir el espesor restante en un ladrillo inferior de un alto horno. Se enseña a medir el espesor remanente imprimiendo un impacto en la superficie exterior del alto horno y detectando las ondas reflejadas como resultado de la vibración del golpe.

Sin embargo, existe la necesidad de un sistema para controlar el proceso de colada, el proceso de perforación, y específicamente el proceso de utilización de la lanza, y proporcionar retroalimentación con el fin de minimizar el daño producido en el bloque de colada o en el revestimiento refractario.

45 **Sumario**

Se proporciona un método para controlar un bloque de colada o elemento similar de acuerdo con la reivindicación 1. El método comprende recibir las señales eléctricas procedentes de una pluralidad de sensores de emisión acústica a lo largo de al menos una guía de ondas que está al menos parcialmente recibida dentro de una estructura exterior de un bloque de colada. Las señales eléctricas se corresponden a la señales acústicas que son transmitidas a lo largo de la guía de ondas acústica y detectadas por los sensores de emisión acústica. Las señales eléctricas son procesadas para determinar si se producen eventos con relación a una estructura interna del bloque de colada, particularmente el revestimiento refractario. Los eventos son comparados con los parámetros operacionales del bloque de colada. Los datos de indicación son generados dependiendo de la comparación, y se proporciona una indicación en base a los datos de indicación.

Se describen varios sistemas para controlar el bloque de colada, que no son parte de la invención.

Algunas realizaciones comprenden una pluralidad de sensores de emisión acústica situados para detectar las señales acústicas transmitidas a lo largo de al menos una guía de ondas acústicas que está al menos parcialmente recibida dentro de la estructura exterior del bloque de colada.

5 Algunas realizaciones comprenden además un sistema de procesamiento de datos para procesar la salida procedente de cada sensor de emisión acústica para determinar si se produce en un evento acústico con relación a la estructura interna del bloque de colada, particularmente en revestimiento refractario. El sistema de procesamiento de datos comprende una memoria y está configurado para comparar los eventos determinados con los parámetros operacionales del bloque de colada para generar los datos de indicación dependiendo de la comparación de los eventos determinados con los parámetros operacionales.

10 Algunas realizaciones comparan también un aparato de indicación como respuesta al sistema de procesamiento de datos para proporcionar una indicación basada en los datos de indicación.

Breve descripción de los dibujos

15 Para un mejor entendimiento de las realizaciones descritas aquí y para mostrar más claramente cómo se llevan a cabo, a continuación se hará referencia, sólo a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos en los que:

la Fig. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de control acústico para un bloque de colada de un horno metalúrgico de acuerdo con una realización de la invención;

la Fig. 2 es un diagrama de bloques en una realización de una estación de control utilizada en el sistema de control acústico de la Fig. 1;

20 la Fig. 3 es un diagrama de bloques que muestra el módulo de memoria de la estación de control de la Fig. 2 con mayor detalle.

la Fig. 4 es una vista en perspectiva de un bloque de colada de un horno metalúrgico;

la Fig. 5 es un diagrama esquemático que muestra las posiciones relativas de zonas predeterminadas del bloque de colada;

25 la Fig. 6 es un diagrama de flujo de un método de control del bloque de colada utilizando el sistema de control acústico de la Fig. 1; y

la Fig. 7 es un diagrama de flujo de un método para determinar la posición de la fuente de un evento acústico.

30 Para una mayor simplicidad y claridad de ilustración, los elementos mostrados en las figuras no se han dibujado necesariamente a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos elementos pueden estar exageradas con relación a los otros elementos para una mayor claridad. Además, cuando se considera apropiado, se pueden repetir los números de referencia entre las Figuras para indicar elementos correspondientes o análogos.

Descripción detallada

35 Se exponen detalles específicos de las realizaciones, a modo de ejemplo, con el fin de proporcionar un perfecto entendimiento de las realizaciones descritas aquí. Además, esta descripción no se considera limitante del campo de las realizaciones descritas aquí, sino que describe meramente posibles implementaciones de los distintos elementos descritos aquí.

40 Las realizaciones descritas se refieren generalmente a sistemas y métodos de diagnóstico para elementos de refrigeración de hornos metalúrgicos tales como bloques de colada. En particular, las realizaciones se refieren a sistemas y métodos para el control acústico en tiempo real de la colada, perforación o manejo de lanza de los bloques de colada y conductos similares.

En los dibujos y en la descripción, se utilizan números de referencia iguales para indicar elementos, funciones y características iguales en los dibujos y en las realizaciones descritas.

45 Haciendo referencia ahora a la Fig. 1, se muestra un sistema de control acústico en tiempo real 100 para el control de un bloque de colada 120 utilizado con relación al horno metalúrgico 110. El horno metalúrgico 110 puede ser de cualquier tipo conocido que comprenda un bloque de colada 120. Ejemplos de tales hornos metalúrgicos 110 incluyen hornos de inducción, hornos de arco eléctrico, hornos de fusión rápida, altos hornos, clorinadores químicos, o cualquier horno de fundición de metales.

50 El bloque de colada 120 puede ser de cualquier configuración conocida por los expertos en la técnica. Para fines ilustrativos, se entiende que el bloque de colada 120 es de un diseño general de manera que comprende una carcasa de cobre, circuitos de refrigeración, una piqueta y un revestimiento refractario. El bloque de colada 120 se

describe con más detalle a continuación en la descripción con relación a la Fig. 4.

En el sistema de control acústico 100, el bloque de colada incluye una guía de ondas acústicas 130. El término “guía de ondas” se utiliza en este contexto para designar una estructura física que hace posible la propagación de las ondas dentro de la estructura. En particular, la guía de ondas acústicas 130 es una estructura física para hacer posible a propagación de las ondas de sonido y ultrasonido dentro o a lo largo de la estructura. En otras palabras, la guía de ondas acústicas 130 es un aparato para dirigir la propagación del sonido desde una fuente hasta una localización deseada. Una guía de ondas acústicas 130 también puede describirse como una línea de transmisión de sonido o ultrasonido. Cualquier señal acústica que entre en contacto con la guía de ondas acústicas 130 se propaga a lo largo de toda la longitud de la guía de ondas acústicas 130.

El comportamiento de las ondas de sonido y ultrasonido portadas por la guía de ondas acústicas 130 depende de la velocidad de la onda elástica de la guía de ondas. La velocidad de onda elástica se considera una propiedad constante del material de la guía de ondas acústicas 130. El proceso de determinar la velocidad de onda elástica del material de una guía de ondas acústicas 130 es conocido por los expertos en la técnica. Por ejemplo, un proceso para determinar la velocidad de onda elástica de un material dado consiste en colocar dos sensores en un medio, tal como el circuito de refrigeración, separados por una distancia conocida, y transmitir una onda elástica a través de ellos. El retraso de tiempo entre la primera llegada a cada sensor se utiliza para medir la velocidad de onda de esfuerzo para el medio o, en este caso, el circuito de refrigeración.

En el sistema de control acústico 100, la guía de ondas acústicas 130 se puede formar a partir de cualquier material con las propiedades mecánicas deseadas (temperatura de fusión, resistencia a la corrosión, etc.). La guía de ondas acústicas 130 puede ser un componente separado instalado dentro de bloque de colada 120 con el único fin de servir como guía de ondas acústicas 130, o la función de una guía de ondas acústicas 130 se puede conseguir mediante los componentes del bloque de colada 120 que pasan a través de la carcasa del bloque de colada 120, tales como los circuitos de refrigeración. En la realización del sistema de control acústico 100, el fin de la guía de ondas acústicas 130 es transmitir las señales acústicas desde el interior del bloque de colada 120 a las localizaciones exteriores en donde se pueden recibir las señales acústicas mediante los sensores de emisiones acústicas 140. Dependiendo de la configuración del bloque de colada 120 utilizado y las medidas acústicas deseadas, el sistema de control acústico 100 puede comprender una o más guías de ondas acústicas 130.

En algunas realizaciones, el circuito de refrigeración se puede utilizar como el medio de guía de ondas. En tales realizaciones, los sensores de emisión acústica (AE) están unidos a la entrada y a la salida de cada circuito de refrigeración. El circuito de refrigeración se extiende a lo largo del canal de colada y el revestimiento refractario interior. Para determinar la velocidad de onda para el revestimiento refractario, se puede tener en cuenta los efectos de temperatura sobre la velocidad de onda de esfuerzo refractaria. A medida que el material refractario se erosiona, las fuentes físicas de las señales acústicas relacionadas con la erosión refractaria se hacen más próximas a las guías de ondas, por tanto la amplitud de las señales aumenta. El retraso de tiempo entre la fuente y el receptor disminuye a medida que el material refractario se erosiona y la distancia entre la fuente y la guía de ondas disminuye. La fuente de energía de ondas de esfuerzo es el movimiento del metal fundido a través del canal de colada o la erosión refractaria causada por la influencia térmica o mecánica del metal fundido. El sonido (y ultrasonido) se genera a medida que el metal fundido se mueve desde la cámara de horno interna a las artesas exteriores.

El sistema de control acústico 100 puede estar configurado para detectar emisiones acústicas desde una variedad de fuentes. En un bloque de colada 120, las fuentes esperadas de emisiones acústicas penden comprender, actividades de empleo de la lanza, la colada y la colocación de la tapa (la reobtención del canal de colada), el ruido relacionado con el revestimiento refractario cuando el metal fundido pasa a su través (expansión), el ruido relacionado con el revestimiento refractario cuando se pone la tapa a la piqueta y el refractario es enfriado (retracción), el ruido relacionado con la perforación de la arcilla de colada y el revestimiento refractario circundante, el deterioro del revestimiento refractario, el deterioro del cobre, el flujo de metal fundido, el flujo de agua en los circuitos de refrigeración y la ebullición del agua en los circuitos de refrigeración cerca de las secciones dañadas del bloque de colada.

En algunas realizaciones del sistema de control acústico 100, los sensores de emisiones acústicas 140 se pueden unir a la guía de ondas acústicas 130. Los sensores de emisiones acústicas 140 sirven como transductores para convertir las señales acústicas portadas por la guía de ondas acústicas 130 en las correspondientes señales eléctricas que pueden ser procesadas por la estación de control 140. Por ejemplo, las señales acústicas generadas dentro del bloque de colada 120 se pueden transmitir, mediante una onda de presión o vibración, a la guía de ondas acústicas 130 para la transmisión al exterior del bloque de colada 120. Los sensores de emisiones acústicas 140, unidos a la guía de ondas acústicas 130 pueden transformar las vibraciones de la guía de ondas acústicas 130 en correspondientes impulsos eléctricos, que son transmitidos a la estación de control 150.

Los sensores de emisiones acústicas 140 pueden ser de cualquier tipo conocido de transductor que sea capaz de convertir la energía acústica o energía de vibración en una correspondiente señal eléctrica. Un ejemplo de tal transductor es un acelerómetro. Un acelerómetro utilizado dentro del sistema de control acústico 100 puede ser de

cualquier tipo apropiado conocido por los expertos en la técnica. Por ejemplo, el acelerómetro puede ser un sensor piezoeléctrico, un sensor óptico, basado en una masa de muelle capacitivo, un servo electromecánico, basado en un medidor de deformación o basado en inducción magnético. Se entiende que los expertos en la técnica pueden seleccionar un acelerómetro apropiado para las condiciones específicas que rodean al bloque de colada 120 y al horno metalúrgico 110 dados. El sistema de control acústico 100 puede comprender múltiple sensores de emisión acústicas 140 unidos en localizaciones separadas a lo largo de cada guía de ondas acústicas 130 recibida dentro del bloque de colada 120.

Las señales eléctricas producidas por los sensores de emisiones acústicas 140 son recibidas por la estación de control 150 para su procesamiento. La transmisión de las señales desde los sensores de emisiones acústicas 140 a la estación de control 150 se puede llevar a cabo utilizando cables SMA-BNC para conectar los sensores de emisiones acústicas 140 a un preamplificador (no mostrado). Los cables coaxiales pueden entonces ser utilizados para conectar los preamplificadores a un módulo de adquisición de datos tal como un microDiSP (no mostrado), o un convertidor A/D 220 (como se muestra en la Fig. 2). La transmisión de las señales se puede realizar utilizando cualesquiera otros cables o medios de transmisión adecuados que funcionen en el ambiente que rodea al horno metalúrgico. Los cables de transmisión y los preamplificadores pueden estar aislados con el fin de protegerlos del calor del horno. También puede ser deseable utilizar sensores de emisiones acústicas 140 que comprendan amplificadores de señal internos con el fin de reducir o eliminar la necesidad de preamplificadores separados. La reducción del número de preamplificadores necesarios puede reducir al mínimo el número de componentes potencialmente vulnerables expuestos al calor del horno.

La adquisición y el procesamiento de los datos de las señales acústicas se pueden realizar utilizando una variedad de métodos o sistemas comercialmente disponibles conocidos por los expertos en la técnica. Ejemplos de tal sistema de adquisición y procesamiento de señal acústica son producidos por Physical Acoustics Corporation, de New Jersey, U.S.A, y por Vallen-Systeme GmbH de Alemania. En la realización del sistema de control acústico 100, la estación de control puede ser un ordenador personal (PC), un servidor con un sistema de procesamiento u otro sistema comparable.

Ejemplos de técnicas de control de emisión acústicas pueden incluir la medida de actividad acústica e intensidad dentro de la guía de ondas acústicas 130. El principio en el que se basa el sistema de control acústico 100 es que existe una fuente física detrás de cada señal acústica, y en que parte de la energía que es liberada por la fuente que es convertida a vibraciones de alta frecuencia es detectada como una emisión acústica. Las señales acústicas también se pueden comparar utilizando técnicas de reconocimiento de patrón con el fin de clasificar la señal acústica como se origina desde una fuente dada.

Por ejemplo, cuando el sistema de control acústico 100 está configurado para controlar la condición del revestimiento refractario puede detectar señales que están relacionadas con el flujo del metal fundido a través del canal de colada. Las señales son generadas en la interfaz entre el metal fundido y el revestimiento refractario, y la propagación de la señales está causada por el movimiento del metal fundido y por la expansión térmica resultante del refractario o desgaste y deterioro del revestimiento refractario interior. Con el fin de que las emisiones acústicas sean detectadas por el sistema de control acústico 100, las emisiones acústicas se deben propagar a través del revestimiento refractario y la carcasa de cobre del bloque de colada hasta que alcancen la guía de ondas acústicas 130 (por ejemplo una tubería de refrigeración Monel).

Cuando una emisión acústica se propaga a través del revestimiento refractario y la carcasa de cobre del bloque de colada 120, pueden sufrir una atenuación de señal significativa. El grado de atenuación puede estar relacionado con el espesor del material de carcasa refractario y de cobre que la emisión acústica atravesó antes de entrar en contacto con la guía de ondas acústicas 130. En general, cuanto más delgados sea el revestimiento refractario o la carcasa de cobre, menor es la atenuación de la emisión acústica. Por lo tanto, si una emisión acústica se hace más fuerte, indica una reducción de la cantidad de material refractario y de cobre a través del cual pasa la emisión acústica. Una reducción de la cantidad de material de cobre o refractario puede dañar o desgastar significativamente el canal de colada. En general, la atenuación de la señal es una función de las propiedades del material de los componentes del bloque de colada 120. El grado de atenuación de señal a través de cualquier componente de bloque de colada 120 dado pueden ser función del módulo de Young, la relación de Poisson, y la densidad.

Si se desea, la localización de la fuente para una señal acústica específica se puede determinar en base al tiempo de llegada de las señales recibidas desde las localizaciones del sensor de emisiones acústicas 140. Por ejemplo, cuando se utilizan dos sensores de emisiones acústicas 140, instalados en los extremos opuestos de una guía de ondas 130, la localización de la fuente de una señal acústica dada se puede determinar en base a i) la diferencia en los tiempos de llegada de la señal acústica en cada sensor de emisiones acústicas 140 e ii) la velocidad de onda elástica de la guía de ondas acústicas 130. La información de la localización puede ser enviada o almacenada por la estación de control 150 como una única localización, o alternativamente, la información de localización se pueden comparar con una pluralidad de localizaciones de zona predeterminadas correspondientes a las regiones específicas del bloque de colada 120. Por lo tanto, el envío de la información de localización por la estación de control 150 puede ser en forma de distancia a lo largo de la guía de ondas acústicas 130 (es decir, la fuente está a 3 metros del sensor de emisiones acústicas 140) y, y la información de la fuente se puede enviar en forma de indicación de zona

que corresponde a una parte del bloque de colada 120 (es decir, la fuente es la pared derecha del canal de colada). Una descripción más detallada de las técnicas de procesamiento de señal descritas anteriormente está contenida más adelante, con referencia a las Figs. 2 y 3.

5 La estación de control 150 también puede utilizar los datos de señales acústicas para determinar si se ha producido un evento acústico. Los criterios y umbrales utilizados para determinar si se ha producido un evento acústico pueden ser cualesquiera condiciones predeterminadas establecidas por el operador del sistema. Por ejemplo, un evento acústico puede ser un evento discreto, de corta duración (un golpe de elevado impacto en el revestimiento refractario por la lanza de colada) o puede ser una alarma de valor umbral para una señal acústica relativamente constante (un aumento en la amplitud de las emisiones acústicas causadas por el metal líquido que fluye a través de la piqueta) o puede ser una acumulación de, o combinación de, múltiples señales acústicas (múltiples golpes de lanza de bajo impacto pueden acumulativamente desencadenar un evento acústico). Muy al igual que la información de localización para una señal acústica individual, la localización de un evento acústico dado se pueden enviar como una localización discreta a lo largo de la guía de ondas acústicas 130 o se pueden mapear en una localización de zona predeterminada correspondiente.

10

15 Habiendo realizado la necesaria adquisición de señal acústica y procesamiento, la estación de control 150 puede proporcionar una salida al indicador 160 y a la presentación de estado 170.

El indicador 160 proporciona una presentación altamente visible situada en las proximidades del horno metalúrgico 110 para proporcionar retroalimentación en tiempo real para los empleados y operadores que trabajan en las proximidades del horno 110. Específicamente, el indicador 160 puede proporcionar retroalimentación visual a un operador durante el empleo de la lanza, y los proceso de colada y perforación. El indicador 160 puede estar montado directamente en una pared del horno metalúrgico 110, o alternativamente puede estar montado en una localización separada que sea visible desde el horno metalúrgico 110 y el bloque de colada 120. El indicador 160 puede estar configurado para presentar la retroalimentación a un operario de colada en tiempo real. La retroalimentación en tiempo real permite que un operario de colada modifique las acciones del operario de colada con el fin de evitar el daño innecesario al bloque de colada 120 y al revestimiento refractario en el mismo.

20

25

El indicador 160 puede estar configurado para indicar un estado "OK", un estado "Caution" y un estado "Stop/Danger". Estos estados se pueden indicar respectivamente mediante luces verdes, amarillas y rojas en el indicador 160 de manera similar a las luces de las señales de tráfico comunes. El indicador 160 también puede comprender varios conjuntos de luces de indicación que corresponden al estado de cada zona predefinida dentro del bloque de colada 120. Para una mayor claridad, se explica a continuación un ejemplo que ilustra posibles salidas de indicación procedentes de un evento acústico.

30

Se considera un operario de colada cuya lanza golpea la pared izquierda de la piqueta 125 (Figura 4) de un bloque de colada 120, causando un evento acústico. Si el indicador 160 comprende un único conjunto de luces de indicación, el indicador puede hacer parpadear una luz amarilla, alertando al operario de colada que se ha producido un golpe inadecuado. Si, sin embargo, el indicador está compuesto de un conjunto de luces indicadoras para cada zona predefinida de un bloque de colada 120, el indicador puede hacer parpadear una luz amarilla dentro del conjunto de luces indicadoras que corresponde a la pared izquierda de la piqueta 126. El segundo escenario es preferible debido a que proporciona al operario de colada información más precisa y útil. Habiendo visto la luz amarilla que corresponde con la pared izquierda de la piqueta 126, el operario de colada puede desplazar fácilmente el siguiente golpe de lanza a la derecha con el fin de evitar golpear la pared.

35

40

Aunque el indicador 160 está descrito presentando una configuración simple de luces de colores, se entiende que el indicador 160 podría estar configurado para presentar cualquier combinación de información visual (por ejemplo, luces, texto, imágenes, fotografías, animaciones, etc.) e información de audio (por ejemplo, bocinas, pitidos, sirenas, música, un diálogo pregrabado, mensaje de advertencia grabados, etc.).

Además del indicador 160, la información procedente de la estación de control 150 se puede enviar a una presentación de estado 170. La presentación de estado 170 puede presentar la misma información presentada por el indicador 160, o puede presentar un conjunto de información diferente. Además, la presentación de estado 170 puede estar situada físicamente en íntima proximidad con el horno metalúrgico 110, o alternativamente la presentación de estado 170 puede estar situada en una posición remota, tal como una sala de control u oficina de supervisión. La presentación de estado 170 puede tener la misma forma que el indicador 160 (es decir, la presentación de estado 170 también puede ser una colección de luces de colores) o puede tener una forma diferente. Por ejemplo, la presentación de estado 170 puede comprender un monitor de ordenador, un medidor analógico, una presentación digital, una alarma auditiva, un monitor de televisión o cualquier otro aparato de presentación apropiado. Aunque la realización del sistema de control acústico 100 se muestra comprendiendo tanto un indicador 160 como una presentación de estado 170, se entiende que el sistema de control acústicos 100 podría estar configurado para operar sin el indicador 160 y/o la presentación de estado o que las funciones tanto del indicador 160 como en la presentación de estado 170 podrían estar combinadas en un único elemento.

45

50

55

La estación de control 150 también puede estar conectada a una red 180 de manera que está en comunicación con las estaciones de usuario 190. La red 180 puede ser un red abierta o una red cerrada y puede ser una red con

cable o inalámbrica. Las estaciones de usuario 190 conectadas a la red pueden ser PCs o cualquier otro dispositivo similar. Una vez conectadas a la red 180, se puede acceder a la información de salida procedente de la estación de control 150 desde, o puede estar almacenada en, las estaciones de usuario 190 que pueden tener localizaciones remotas. La información presentada en las estaciones de usuario 190 puede ser la misma información presentada por el indicador 160 y la presentación de estado 170, o las estaciones de usuario 190 pueden estar configuradas para presentar un conjunto de información diferente. Además de presentar la salida de información en tiempo real por la estación de control 150, las estaciones de usuario 190 también pueden estar configuradas para acceder a cualquier dato de señal almacenado o cualquier información de evento acústico contenido en la estación de control 150. El tener acceso a los datos almacenados hace posible que un operador que trabaja en una estación de usuario 190 compare los datos de emisiones acústicas en tiempo real con los datos de emisiones acústicas previamente grabados. Tal comparación permite que un operador vea las tendencias de la información de emisiones acústicas durante un periodo amplio de tiempo, por lo que hace posible que un operador de seguimiento a los cambios en las emisiones acústicas de un bloque de colada 120 dado, o de seguimiento y evalúe el rendimiento de un operario de colada dado.

La Fig. 2 muestra una ilustración de diagrama de bloques de una realización de la estación de control 150, como se muestra en la Fig. 1. La realización de la estación de control 150 incluye un terminal de trabajo 230. El principal terminal de trabajo 230 comprende módulos de software de ordenador 270, 280 y 290 almacenadas en una memoria 260 y ejecutadas en un procesador 250. El procesador 250 puede ser cualquier procesador comercialmente disponible conocido por los expertos en la técnica. De manera similar, la memoria 260 puede ser cualquier tipo de memoria de ordenador volátil o no volátil comercialmente disponible. Los expertos en la técnica entienden que el terminal de trabajo principal 230 puede incluir memoria adicional, módulos de software y procesadores cuando sea necesario.

El procesador 250 también puede estar en comunicación con la red 180, el indicador 160 y la presentación de estado 170. La comunicación con la red 180 hace posible que el procesador 250 envíe la señal acústica y los datos del evento acústico para el almacenamiento y análisis en las localizaciones remotas, tales como los terminales de trabajo de usuario 190 mostradas en la Fig. 1. La comunicación con la red 190 también puede permitir que se acceda al procesador 250 de forma remota y se controle de manera que los cambios en la configuración del procesador 250 y el terminal de trabajo principal 230 también se puedan ver afectados desde posiciones remotas. La comunicación entre el procesador 250 y el indicador 160 y la presentación de estado 170 permite que la señal acústica y el evento acústicos sean enviados desde el terminal de trabajo principal 230 y sean presentados a los operarios de colada y a los operadores del sistema.

El terminal de trabajo principal 230 comprende también un convertidor de analógico a digital (A/D) y una presentación 240 que están en comunicación con el procesador 250. El convertidor de A/D 210 está configurado para recibir las señales de emisiones acústicas 210 producidas por los sensores de emisiones acústicas 140 (véase la Fig. 1) y convertirlas a las correspondientes señales digitales que son comunicadas al procesador 250. El convertidor de A/D 250 puede ser cualquier convertidor de A/D comercialmente disponible conocido por los expertos en la técnica. También, el convertidor de A/D 250 puede ser un canal único para el procesamiento de la señal de emisiones acústicas 210 procedente de un único sensor de emisiones acústicas 140, o, el convertidor de A/D puede ser multicanal par el procesamiento de las señales de emisiones acústicas 210 procedentes de una pluralidad de sensores de emisiones acústicas 140. Se entiende que si el convertidor de A/D es un convertidor de A/D de único canal, de múltiples canales 250 puede ser incluido en el terminal de trabajo principal 230 de manera que hay un convertidor de A/D 250 por sensor de emisiones acústicas 140 instalado en el bloque de colada 120. En la Fig. 2, el convertidor de A/D se muestra estando recibido dentro del terminal de trabajo principal 230, sin embargo, se entiende que el convertidor de A/D 250 puede ser integral con el sensor de emisiones acústicas 140 o puede ser un dispositivo auto-contenido cargado remotamente desde, pero conectado de manera comunicable con, el terminal de trabajo principal 230.

La presentación 240 puede ser cualquier aparato de presentación de datos comercialmente disponible, pero para fines de explicación se entenderá que se un monitor de ordenador. La presentación 240 se puede utilizar para presentar la información del sistema a un operador de manera similar al indicador 160 y a la presentación de estado 170, descrita anteriormente. Además, la presentación 240 se puede utilizar en combinación con un dispositivo de entrada de ordenador apropiado (por ejemplo, un teclado o un ratón, no mostrados) para permitir que un operador configure y modifique el terminal de trabajo principal 230 directamente, sin tener que conectarse a través de la red 180 como se ha descrito anteriormente.

La estación de control 150 puede comprender sólo el terminal de trabajo principal 230 como se ha descrito anteriormente, por ejemplo si la funcionalidad de la estación de control 150 se puede conseguir utilizando un único PC de terminal de trabajo principal 230. Sin embargo, se entiende que la estación de control 150 también puede comprender PCs, servidores, procesadores, presentaciones y módulos de memoria adicionales, configurados para estar en comunicación con el terminal de trabajo principal 230.

Como se muestra en las Figs. 2 y 3, la memoria del terminal de trabajo principal 230 comprende una pluralidad de módulos de software 270, 280 y 290 para procesar las señales de emisiones acústicas 210 recibidas de los

sensores de emisiones acústicas 140. Tales módulos de software incluyen el módulo de tomografía de emisión acústica 270, el sistema de adquisición de datos de emisión acústica y de evaluación 280 y el modo de reconocimiento de patrón 290. Aunque no se muestra, la memoria 260 también puede comprender módulos de software adicionales tales como un módulo de base de datos para el almacenamiento y recuperación de los datos de emisiones acústicas y eventos acústicos.

El módulo de tomografía de emisión acústica 270 es responsable de generar imágenes en dos dimensiones (2D) o en tres dimensiones (3D) del canal de colada, el revestimiento refractario, los circuitos de refrigeración 410, 420 y otros elementos del bloque de colada 120. Durante el funcionamiento del bloque de colada 120 el sistema de control acústico 100 puede controlar las emisiones acústicas correspondientes al desgaste refractario, deterioro del cobre, flujo de metal fundido, flujo de agua en los circuitos de refrigeración 410, 420 y ebullición de agua dentro del circuito de refrigeración cerca de las secciones dañadas del bloque de colada 120. Utilizando los datos recogidos por los sensores de emisiones acústicas 140 y los resultados del módulo de localización de fuente 320 (descrito con detalle más adelante), el módulo de tomografía de emisión acústica 270 crea imágenes en 2D o 3D que ilustran gráficamente la condición del bloque de colada 120. Por ejemplo, cuando se controlan las emisiones acústicas de desgaste refractario, el módulo de tomografía acústica 270 puede crear una imagen en 3D que se corresponde con el perfil/geometría de superficie del revestimiento refractario. Las imágenes creadas por el módulo de tomografía acústica 270 pueden mostrar marcas o depresiones en la superficie del revestimiento refractario u otros patrones de desgaste que pueden proporcionar información útil para un operador experto en el sistema que ve la imagen.

En lugar de una imagen completa en 3D del canal de colada, el módulo de tomografía acústica 270 puede estar configurado para presentar una serie de imágenes en 2D en sección transversal relativas al espesor refractario en una pluralidad de localizaciones de sección transversal predeterminadas a lo largo de la longitud del canal de colada. Las imágenes similares también pueden ser creadas por una pluralidad de características de bloque de colada adicionales 120, tales como los circuitos de refrigeración 410, 420 o la carcasa de cobre.

El módulo de reconocimiento de patrón 290 es responsable del procesamiento y clasificación de las señales de emisión acústicas 210 recibidas desde los sensores de emisión acústica 140. Utilizando un módulo de reconocimiento de patrón 290, las señales acústicas generadas durante el proceso de colada se pueden identificar y clasificar. Un posible método de clasificación es separar las emisiones acústicas en base a la fuente física de emisión. Por ejemplo, todas las emisiones acústicas generadas durante el proceso de colada se pueden clasificar en cuatro grupos.

El primer grupo de emisiones acústicas puede ser causado por el flujo de metal líquido que fluye a través de la piqueta y el canal de colada. Las emisiones acústicas de este tipo pueden ser controladas para realizar un seguimiento y evaluar la condición del material de revestimiento refractario. El segundo grupo de emisiones acústicas puede ser causado por el impacto mecánico de una lanza que golpea el bloque de colada 120 o el revestimiento refractario del canal de colada durante el proceso de utilización de lanza. El seguimiento de las emisiones acústicas de impacto de lanza se puede utilizar para evaluar el proceso de colada y realizar un seguimiento del rendimiento de los operarios de colada individuales. El tercer grupo de emisiones acústicas es generado durante el proceso de cierre de la piqueta y el cuarto grupo de emisiones acústicas se puede generar mientras el bloque de colada se está enfriando. El seguimiento y la tendencia de todos los grupos de emisiones acústicas pueden proporcionar datos que pueden ser útiles para el control y mejora del proceso. Los datos de clasificación de emisiones acústicas pueden ser enviados desde el módulo de reconocimiento de patrón 290 al módulo de adquisición de datos y evaluación de emisiones acústicas 280 para su procesamiento adicional.

Las emisiones acústicas se pueden clasificar mediante el módulo de reconocimiento de patrón 290 en base a diversas propiedades de la señal. Por ejemplo, una o más de las siguientes propiedades se pueden utilizar para clasificar una señal: amplitud de pico, energía, duración, tiempo de aumento, frecuencia media y relación tiempo de aumento y duración. Otros factores, tales como el ritmo de la emisión acústica durante una parte particular del proceso de colada, la localización de la fuente de la emisión acústica (¿qué parte del proceso de colada está sucediendo actualmente?) localización de fuente de emisión (obtenida desde el módulo de localización de fuente 230 como se describe más adelante), o cualquier otra característica de emisión acústica seleccionada por el operador del sistema se puede utilizar para clasificar una emisión acústica. En algunas realizaciones, se desarrolla una red neutra para el reconocimiento del patrón y se genera en última instancia una reconstrucción de imagen del canal de colada. Aunque la clasificación de emisiones acústicas de ha descrito con relación al análisis de las emisiones con un módulo de reconocimiento de patrón 290, también se entiende que se podrían hacer procesamiento equivalentes o comparables en tiempo real mediante el módulo de procesamiento de señal 330 o mediante un módulo de software alternativo. Las emisiones acústicas clasificadas pueden ser después procesadas mediante el módulo de adquisición de datos de emisión acústica y del sistema de evaluación.

El módulo de adquisición de datos de emisión acústica y de sistema de evaluación 280 es responsable de recibir y procesar la información de señal acústica así como de detectar la presencia de eventos acústicos y determinar la localización de la fuente de eventos acústicos. Los datos de emisión acústica procesados por el módulo de adquisición de datos de emisión acústica y de sistema de evaluación 280 pueden venir directamente del convertidor de A/D, desde el módulo de tomografía de emisión acústica 270, o desde el módulo de reconocimiento de patrón

290. Como se muestra en la Fig. 3, el módulo de adquisición de datos de emisión acústica y de sistema de evaluación 280 comprende un módulo de detección 310, un módulo de localización de fuente 320 y un módulo de procesamiento de señal 330.

5 El módulo de detección 310 es responsable de determinar si se ha producido un evento acústico. El módulo de detección 310 puede recibir señales de emisiones acústicas directamente del convertidor de A/D 220 (a través del procesador 250), el módulo de reconocimiento de patrón 290, o puede recibir las señales de emisiones acústicas procedentes del módulo de procesamiento de señal 330. Las señales que pasan a través del módulo de procesamiento de señal 330 se pueden filtrar amplificar o modificar de otra forma como se desee. El módulo de detección 310 también puede recibir datos procedentes del módulo de reconocimiento de patrón 290 como se ha descrito anteriormente. Después de recibir una señal de emisión acústica, el módulo de detección 310 puede comparar las características de la señal de emisión acústicas con un conjunto de umbrales predeterminados u otras condiciones de alarma. Si la señal de emisión acústica excede un valor umbral asociado o condición de alarma, el módulo de detección 310 puede registrar un evento acústico. El módulo de detección 310 puede estar configurado con una pluralidad de valores umbral o condiciones de alarma que incluye múltiples umbrales asociados con una señal de emisión acústica.

15 Por ejemplo, el módulo de detección 310 puede tener umbrales de magnitud de emisión de "Aviso" y "Alarma" que están relacionados con la señal de emisión acústica que corresponde al metal líquido que fluye sobre el material refractario del interior del bloque de colada 120. Si la magnitud de la señal de emisión acústica alcanza el valor umbral de "Aviso", el módulo de detección 310 puede registrar un evento acústico y enviar los datos del evento acústico al procesador 250 en donde los datos son conducidos a la luz amarilla en el indicador 160. Si la magnitud de la emisión acústica aumenta de manera que alcanza el umbral "Alarma", el módulo de detección 310 puede registrar y enviar otro evento acústico al procesador 250 por lo que se activa la luz roja en el indicador 160.

20 Además, el módulo de detección 310 puede estar configurado para tener valores umbrales asociados con las emisiones acústicas creadas por la acción de la lanza o por los impactos de la colada o por la perforación en el material refractario. Los umbrales relacionados con los impactos de la lanza o de la colada o la perforación pueden comprender umbrales de magnitud de emisión (como se ha descrito con relación a las emisiones de flujo de metal) así como a la ocurrencia de umbrales. Los umbrales de la magnitud del golpe de la lanza, de la colada o la perforación pueden dar lugar a un evento acústico si una emisión acústica, clasificada como relacionada con las actividades de la lanza, la colada o la perforación (o bien por el módulo de reconocimiento de patrón 290 o el módulo de procesamiento de señal 330) excede un valor de umbral predeterminado. Un umbral de ocurrencia puede hacer que el módulo de detección 310 registre un evento acústico si se produce un evento predeterminado un cierto número de veces dado.

25 Por ejemplo, el módulo de detección 310 puede hacer un seguimiento de las emisiones acústicas del golpe de la lanza o de la colada o de la perforación y comparar las emisiones acústicas tanto con la magnitud como con los umbrales de ocurrencia. Si el golpeo de la utilización de la lanza o de la colada es desviado a una dirección no deseada sus emisiones acústicas indicarán la desviación y los umbrales de magnitud de "Aviso" o "Alarma" y un evento acústico podrán ser registrado por el módulo de detección 310.

30 Si la emisión acústica de golpeo de la lanza, de la colada o de la perforación no excede los umbrales de magnitud, el módulo de detección 310 puede no registrar un evento acústico, pero puede mantener un registro de cada emisión acústica. Utilizando un umbral de ocurrencia, el módulo de detección 310 puede registrar un evento acústico de "Aviso" si registra cinco o más emisiones acústicas de utilización de la lanza, la colada o la perforación durante una sesión de colada independientemente de si exceden el umbral de magnitud. El módulo de detección 310 puede registrar un evento acústico de "Alerta" si registra 8 o más golpes de lanza, colada o perforación durante una sesión de colada, independientemente de si las emisiones acústicas exceden el umbral de magnitud. Los umbrales de ocurrencia contenidos dentro del módulo de detección 310 también pueden incorporar información procedente del módulo de localización de fuente 320, de manera que cada zona dentro del bloque de colada 120 puede tener un umbral de ocurrencia independiente. Incluso si ninguna sola emisión acústica de golpeo de utilización de la lanza, la colada o la perforación fuera de magnitud suficiente para registrar un evento de "Aviso" en base a los umbrales de magnitud, el material refractario del bloque de colada 120 se podría dañar por múltiples impactos pequeños y por quemado en la misma localización. Utilizando los umbrales de ocurrencia, el módulo de detección 310 puede contar de manera ventajosa los efectos acumulados de golpeo de utilización de la lanza, la colada o la perforación de bajo impacto. En otras realizaciones, puede haber cualquier número de alertas en lugar de, o además de los niveles de "Aviso" y "Alerta" y los umbrales para cada tipo de alerta pueden variar.

35 Los valores tanto para los umbrales de magnitud y ocurrencia se pueden determinar en base a una variedad de criterios que incluyen: edad del bloque de colada 120, condición del material refractario en una zona dada, rendimiento histórico de un bloque de colada dado, niveles de emisión acústicos, composiciones de material refractario específicas, temperatura del bloque de colada, condiciones de ruido ambiente, tipo de sensor de emisiones acústicas 140 utilizando otros factores. En el ajuste de los umbrales, diversas características del material refractario se pueden tener en cuenta. A medida que el espesor del material refractario disminuye, la amplitud de señal de una emisión acústica aumenta y el tiempo de deterioro de señal aumenta. Estas características del

revestimiento refractario se pueden utilizar para ajustar los umbrales de magnitud y ocurrencia. A medida que el revestimiento refractario envejece, el número de eventos acústicos puede cambiar. Por ejemplo, cuando el revestimiento refractario envejece, se puede desarrollar fisuras en él, y diversas emisiones acústicas pueden resultar de las fisuras en la unión o separación del revestimiento de la carcasa o del bloque de colada. En algunos casos, la emisión acústica que se origina de un revestimiento refractario fisurado tiene una amplitud aumentada. La emisión acústica se puede identificar por el reconocimiento de patrón o el uso de una red neutra. Todos los datos del evento acústico pueden ser enviados desde el módulo de detección 310 al procesador 250 para el procesamiento y el envío a la red 180, el indicador 160 y la presentación de estado 170.

Para algunos tipos de eventos acústicos puede ser deseable identificar la localización de la fuente del evento acústico. Por ejemplo, si el evento acústico es como resultado de un quemado con lanza, puede ser deseable identificar qué parte del bloque de colada 120 se quemó con fines de control e inspección. De manera similar, si el evento acústico es un incremento en la magnitud de una emisión acústica de flujo de metal, puede ser deseable localizar dónde dentro del canal de colada la emisión de flujo de metal es más alta. El módulo de localización de fuente 320 es responsable de identificar la fuente de una emisión acústica dada.

Para una mayor claridad de ilustración, se hace referencia a la Fig. 4 que muestra un bloque de colada 120 que comprende un circuito de refrigeración principal 410, un circuito de refrigeración secundario 420 y pozos térmicos 430. Los circuitos de refrigeración 410, 420 y los pozos térmicos 430 tienen entradas 412, 422, 432 y salidas 414, 424, 434 respectivamente. Los circuitos de refrigeración 410, 420 pueden comprender una pluralidad de componentes adecuados que incluye conductos, tuberías, tubos, válvulas y bombas. Un ejemplo de un circuito de refrigeración primario 410 es un conducto de refrigeración para transportar agua que está configurado para dar vueltas o retorcerse en el interior del bloque de colada 120. El conducto de refrigeración puede estar fundido o perforado en el bloque de colada 120. El recorrido específico de los circuitos de refrigeración 410, 420 dentro del bloque de colada 120 se puede determinar en base a unas condiciones de funcionamiento específicas del bloque de colada 120. Los pozos térmicos 430 y los circuitos de refrigeración 410, 420 pueden estar hechos de cualquier material con las características físicas deseadas, y pueden ser un material diferente del bloque de colada 120. El medio de refrigeración llevado a través de los circuitos de refrigeración 410, 420 pueden ser agua, o pueden ser cualquier otro fluido de refrigeración natural o sintético.

El bloque de colada 120 comprende también una cara caliente 122 (definida como la cara del bloque de colada 120 colocada más cerca del interior del horno metalúrgico 110), una cara de refrigeración 124 /la cara del bloque de colada 120 situada opuesta a la cara caliente 122) y un canal de colada 126 a través del cual el metal fundido fluye durante el proceso de colada. La superficie interior del canal de colada 126 está forrada con material refractario.

Para determinar la localización de la fuente para una emisión acústica dada, el módulo de localización de fuente 320 recibe las señales de emisiones acústicas procedentes de al menos dos sensores de emisiones acústicas 140 montados en una guía de ondas 130 que está recibida dentro del bloque de colada 120. Como se ha descrito anteriormente, la guía de ondas 130 puede ser un elemento adicional recibido en el bloque de colada 120 mostrado en la Fig., tal como los circuitos de refrigeración 410 y 420 o los pozos térmicos 430 pueden servir como guía de ondas 130. Con el fin de describir una realización del módulo de localización de fuente 320, se asumirá que el circuito de refrigeración 410 está actuando como guía de ondas 130 y que los sensores de medios acústicos 140 están montados en la entrada 410 y la salida 414 del circuito de refrigeración.

La localización de la fuente de una emisión acústica se determina mediante el módulo de localización 320 en base a la velocidad de la onda elástica de la guía de ondas 130, la posición de los sensores de emisión acústica 140 y la diferencia en el tiempo de llegada de la emisión acústica en cada localización de sensor de emisión acústica 140. Después de que la emisión acústica sea recogida por la guía de ondas 130, la emisión acústica viaja a lo largo de la longitud de la guía de ondas 130 en donde es detectada por los sensores de emisión acústica 140 situados en extremos sustancialmente opuestos de la guía de ondas 130. Comparando los tiempos de llegada relativos de la emisión acústica en cada localización de sensor de emisión acústica 140, se puede interpolar la posición de la fuente.

En la realización a modo de ejemplo del sistema de control acústico 100, la emisión acústica puede ser causada por un golpe de colada de alto impacto, el dispositivo de lanza térmica o la perforación. La energía de la utilización de la lanza es conducida desde el quemado, la energía de la colada es por el punto de impacto y la perforación es mediante rotura y perforación del sólido, a través del material refractario y la carcasa de cobre del bloque de colada 120 hasta que entra en contacto con el circuito de refrigeración principal 410. Después de que la señal acústica alcance el circuito de refrigeración principal 410, es conducida a lo largo de la longitud del circuito de refrigeración principal 410 hasta que alcanza los sensores de emisiones acústicas 140 instalados en la entrada 412 y la salida 414. La emisión acústica puede ser conducida a lo largo del circuito de refrigeración principal 410 a una velocidad constante, que será dependiente de la velocidad de onda elástica del material de circuito de refrigeración principal 410. Cuando la señal acústica alcanza el sensor de emisión acústica 140 en la entrada 412, el tiempo de llegada será registrado. De manera similar, cuando la señal acústica alcance el sensor de emisión acústica 140 en la salida 414, el tiempo de llegada será registrado. En base a la diferencia en los tiempos de llegada y a la velocidad de onda elástica conocida del circuito de refrigeración principal 410 se puede calcular la posición relativa de la localización de

la fuente de la emisión acústica de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$X = \frac{L}{2} - \frac{L\Delta T}{2C}$$

en donde: X es la posición relativa de la localización de fuente

L es la distancia entre los sensores de emisiones acústicas 140,

5 V es la velocidad de la emisión acústica,

ΔT es la diferencia en los tiempos de llegada de la emisión acústica en los sensores de emisión acústica 140, y

C es un valor de calibración medido igual a L/V.

10 Una vez que se ha determinado la posición relativa de la localización de la fuente a lo largo del circuito de refrigeración principal 410, se puede comparar la posición relativa con la geometría conocida del circuito de refrigeración principal 410 con el fin de expresar la localización de la fuente con relación al bloque de colada 120 y el canal de colada 126. Por ejemplo, una localización de fuente originalmente expresada como "4 metros desde la entrada 410" se pueden mapear en la correspondiente localización definida en la geometría del bloque de colada 120 y después expresar como "pared izquierda del canal de colada 126" o "zona 3 (530 como se muestra en la Fig. 5)" para fines de indicación.

15 La Fig. 5 muestra las posiciones de zona 500 predeterminadas. Como se ha descrito brevemente anteriormente con referencia a las Fig. 1, con fines de indicación y retroalimentación puede no ser deseable expresar la localización de la fuente de una emisión acústica como "4m desde la entrada de circuito principal", particularmente cuando el circuito de refrigeración principal 410 describe una trayectoria de lazo y giro. Puede no ser obvio para el operario de colada o para el operador del sistema precisamente que parte del bloque de colada corresponde a una posición de 4 m a lo largo de la longitud del circuito de refrigeración principal 410. Sin embargo, únicamente indicando que se ha producido un golpe o que el golpe fue en el lado izquierdo del canal de colada 136 puede no proporcionar suficiente detalle. Utilizando posiciones de zona predeterminadas, el sistema de control acústico 100 puede proporcionar retroalimentación con significados de suficiente detalle para ser utilizada para la evaluación de operario de colada el control de condición de bloque de colada 120 que se está produciendo.

20 Como se muestra en la Fig. 5, las posiciones de zona predeterminadas 500 pueden comprender cuatro zonas discretas; zona 1, zona 2, zona 3 y zona 4. En la realización de las posiciones de zona 500 mostradas, la numeración de las zonas empieza en la cara caliente 122 del bloque de colada 120, siendo asignado a cada zona un número más alto al más alejado de la cara caliente 122. Además, cada zona puede contener subdivisiones, tales como las indicaciones "izquierda", "derecha" e "inferior" en la Fig. 5. En este caso, izquierda, derecha e inferior se refieren a las localizaciones sobre la superficie interior del canal de colada 126. Cada posición de zona predeterminada 500 se puede mapear sobre un conjunto de distancias de guía de ondas 130. Por ejemplo una distancia de guía de ondas 130 calculada como 4 metros desde la entrada 412 el circuito de refrigeración principal 410 puede corresponder a una localización de bloque de colada 120 de la "Zona 2, Izquierda". Utilizando tales valores de correspondencia, el módulo de localización de fuente 320 puede convertir los datos de posición de guía de ondas 130 en datos de posición de bloque de colada 120 que entonces se pueden enviar al indicador 160. Después de la conversión y el envío, un impacto de lanza que se produzca 4 metros a lo largo de la guía de ondas 130 desde la entrada 410 puede hacer que una luz de aviso amarilla llega a la parte del indicador que corresponde con la Zona 2, Izquierda. Después de ver la luz amarilla en el indicador 160, un operario de colada podría reajustar apropiadamente su posición de lanza para evitar posteriores impactos.

35 Aunque cada zona se muestra teniendo 3 subdivisiones, las zonas también pueden estar configuradas para tener más o menos subdivisiones. Las subdivisiones de zona también pueden incluir la parte superior del canal de colada. El número y diseño precisos de las zonas y subdivisiones de zonas se puede configurar por el operador del sistema en base al diseño del bloque de colada 120, la forma de la guía de ondas acústicas 130, la disposición de los circuitos de refrigeración 410 y 420, la sensibilidad de los sensores de emisiones acústicas 140, el nivel deseado de precisión de indicación, recursos de estación de control y otros factores.

45 Aunque la estación de control 150, el terminal de trabajo principal 230 y su memoria 260 se han descrito comprendiendo módulos de software, algunas o todas las funciones de los módulos de software se pueden ejecutar en el hardware.

50 La Fig. 6 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método 600 para controlar un bloque de colada 120 utilizando un sistema de control acústico 100, como se ha descrito en las Figs. 1 a 5, mediante la detección de un evento acústico y proporcionando una indicación en base a la ocurrencia del evento.

El método 600 empieza en la etapa 601 con la detección de las señales acústicas. Las señales acústicas podrían ser cualesquiera emisiones acústicas descritas anteriormente. En el sistema de control acústico 100, las señales

- acústicas son emisiones acústicas que viajan a lo largo de la guía de ondas 130 y las señales acústicas son detectadas utilizando los sensores de emisión acústica 140. Si son detectadas las señales acústicas, la información de las señales acústicas es almacenada en la etapa 602, para la observación de su tendencia y análisis. Aunque las señales acústicas están siendo almacenadas en la etapa 602, las señales también pueden ser procesadas en la etapa 603. En la etapa 603, las señales acústicas son procesadas con el fin de determinar si se ha producido un evento acústico.
- En la pregunta 604, si no se ha producido un evento acústico, el sistema de control 100 simplemente continúa para controlar el bloque de colada 120 y el método 600 vuelve a la etapa 601. Si, sin embargo, en la pregunta 604 se determina que se ha producido un evento acústico, el método 600 avanza a la etapa 605 en donde los datos del evento acústico son almacenados para la observación de su tendencia y su análisis.
- Dependiendo de la naturaleza del evento acústico, el método 600 puede proceder con la etapa 606 en la que se determina la localización del evento acústico. Si la localización de la fuente del evento acústico se determina en la etapa 606, los datos de localización de fuente se pueden almacenar en la etapa 607. Sin embargo, si la naturaleza del evento acústico es tal que los datos de localización de fuente específicos no se desean, o no se puede calcular, el método 600 puede pasar a la etapa 608 en la que la estación de control 150 genera los datos de indicación apropiados que se corresponden con el evento acústico detectado.
- Una vez que los datos de indicación han sido generados, en la etapa 609 los datos son enviados al indicador 160. Después de proporcionar la indicación apropiada en la etapa 609, el método 600 vuelve a la etapa 601 con el fin de continuar con el control de la condición del bloque de colada 120.
- La Fig. 7 es un diagrama de flujo que ilustra el método 606, que es un ejemplo de un método para determinar la localización de la fuente de un evento acústico. El método 600 es una realización de un método para realizar la etapa 606, que es un ejemplo de un método para determinar la localización de fuente de un evento acústico. El método 606 es una realización de un método para realizar la etapa 606 del método 600, descrita anteriormente.
- El método 606 empieza en la etapa 701 en la que el módulo de localización de fuente 320 pregunta a cada sensor de emisión acústica 140 instalado en la guía de ondas 130 con el fin de determinar el tiempo de detección del evento acústico en cada localización de sensor de emisión acústica 140. Una vez que se ha determinado el tiempo de detección para cada sensor de emisión acústica 140, el método 606 continúa con la etapa 702.
- En la etapa 702, el módulo de localización de fuente 320 determina la localización de fuente del evento acústico en base a la posición de los sensores de emisión acústicos 140, la velocidad de onda elástica de la guía de ondas 130 y el tiempo de detección del evento acústicos en cada localización de sensor de emisión acústica 140 desde la etapa 701. Un ejemplo de un cálculo de localización de fuente se ha descrito anteriormente con referencia a la Fig. 3.
- En la etapa 703, la fuente de localización determinada en la etapa 702 se compara con las posiciones de zona predeterminadas 500. La comparación de la etapa 703 puede ser realizada por el módulo de localización de fuente 320, el procesador 250 o cualquier otro componente adecuado del sistema de control acústico 100.
- En la etapa 704, el dato de salida de la comparación de la etapa 703 se utiliza para determinar qué posición de zona, de las posiciones de zona predeterminadas 500, contiene la localización de fuente del evento acústico. Cuando se ha determinado la posición de zona, la etapa 704 envía los datos de localización de fuente a las etapas 607 y 608 del método 600 como se muestra en la Fig. 6.
- Aunque la descripción anterior proporciona ejemplos de las realizaciones, se apreciará que algunas características y/o funciones de las realizaciones descritas son susceptibles de modificación sin que se salgan de la filosofía y principios de funcionamiento de las realizaciones descritas. Por consiguiente, lo que se ha descrito anteriormente está destinado a ser ilustrativo de la invención y no limitativo de la misma y los expertos en la técnica entenderán que se pueden hacer otras variables y modificaciones sin que se salgan de la campo de la invención como está definida en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un bloque de colada (120) para un horno metalúrgico (110), que comprende:
 - 5 recibir (601) las señales eléctricas (210) a partir de una pluralidad de sensores de emisión acústica (140) a lo largo de al menos una guía de ondas acústicas (130) que está al menos parcialmente recibida dentro de una estructura exterior del bloque de colada, correspondiendo las señales eléctricas a señales acústicas transmitidas a lo largo de la al menos una guía de ondas acústicas y detectadas por los sensores de emisión acústica;
 - 10 procesar (602) las señales eléctricas para determinar si se ha producido un evento acústico relacionado con una estructura del bloque de colada mediante las acciones de
 - comparar las señales eléctricas con condiciones predeterminadas del bloque de colada (120);
 - generar (608) datos de indicación, dependiendo de la comparación; y
 - proporcionar (609) una indicación en base a los datos de indicación.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el procesamiento de las señales acústicas incluye determinar si el evento acústico se ha producido con relación a una estructura interior del bloque de colada (120).
- 15 3. El método de la reivindicación 1, en el que el procesamiento de las señales eléctricas incluye determinar si el evento acústico se ha producido con relación a la estructura exterior del bloque de colada (120).
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la pluralidad de sensores de emisión acústica (140) está situada en los extremos sustancialmente opuestos de la al menos una guía de ondas acústicas (130).
- 20 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la al menos una guía de ondas acústicas (130) comprende un circuito de refrigeración recibido dentro del bloque de colada (120).
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la ocurrencia del evento acústico se determina mediante el uso de al menos un umbral de magnitud y un umbral de ocurrencia.
- 25 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la indicación comprende al menos una de una indicación de audio y una indicación visual.
8. El método la reivindicación 7, en el que la indicación visual incluye presentar un primer, segundo o tercer estado representativo de al menos una de la condición relativa del bloque de colada (120) y la importancia de un evento acústico dado.
- 30 9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la indicación incluye una presentación que indica la localización de la fuente del evento acústico.
10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la indicación incluye una presentación que indica la posición relativa de la fuente del evento acústico.
11. El método de la reivindicación 10, en el que la indicación de las posiciones relativas comprende una de, una indicación de posición lateral, una indicación de posición inferior y una indicación de posición superior.
- 35 12. El método de la reivindicación 10, en el que la indicación de las localizaciones relativas comprende una indicación de sector que corresponde a una de, una pluralidad de sectores a lo largo de una longitud de un canal de colada del bloque de colada (120).
13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que las etapas de procesar las señales eléctricas comparando las señales eléctricas con las condiciones predeterminadas, generar datos de indicación y proporcionar una indicación, se realizan repetitivamente cuando la señales eléctricas son recibidas, por lo que se proporciona la indicación en tiempo real, como respuesta a las señales eléctricas.
- 40 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que las condiciones predeterminadas se refieren a una o más de: un impacto; un número predeterminado de impactos; un número predeterminado de impactos en un área particular de la estructura interior; un impacto en un área de la estructura interior designada como un área sensible; un número de impactos predeterminado en un área de la estructura interior designada como un área sensible; un chirrido; un número predeterminado de chirridos; un número predeterminado de chirridos en un área particular de la estructura interna; un chirrido en un área de la estructura interna designada como un área sensible; y un predeterminado número de chirridos en un área de la estructura interna designada como un área sensible.
- 45

15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que los sensores de emisión acústica (140) comprenden acelerómetros.

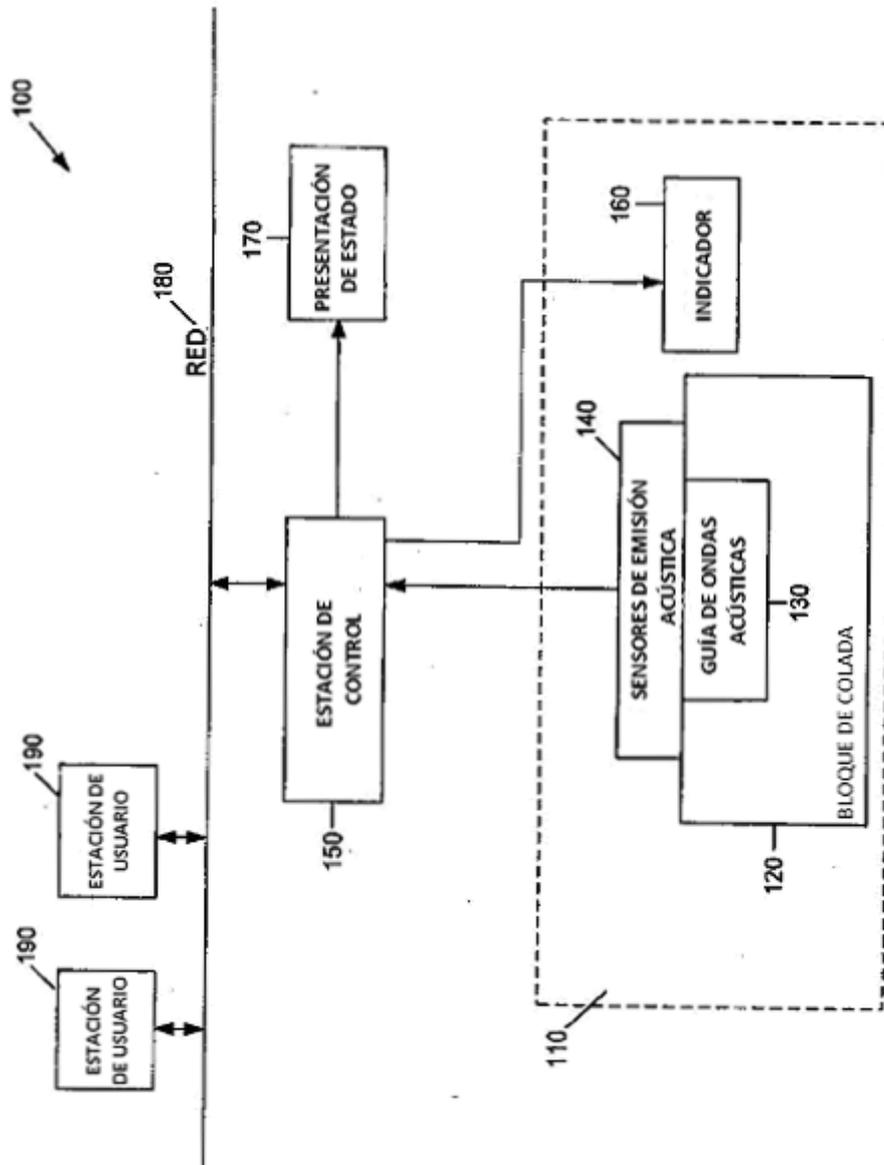


FIG. 1

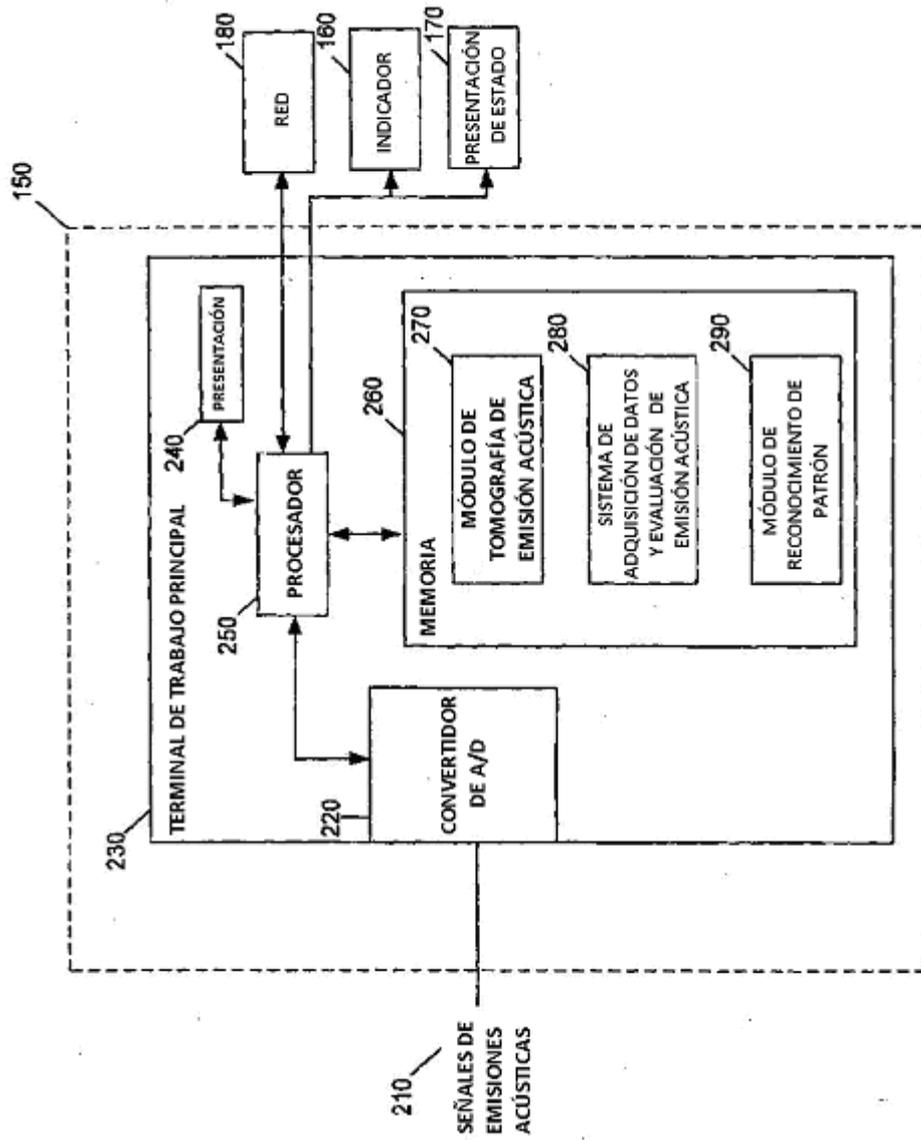


FIG. 2

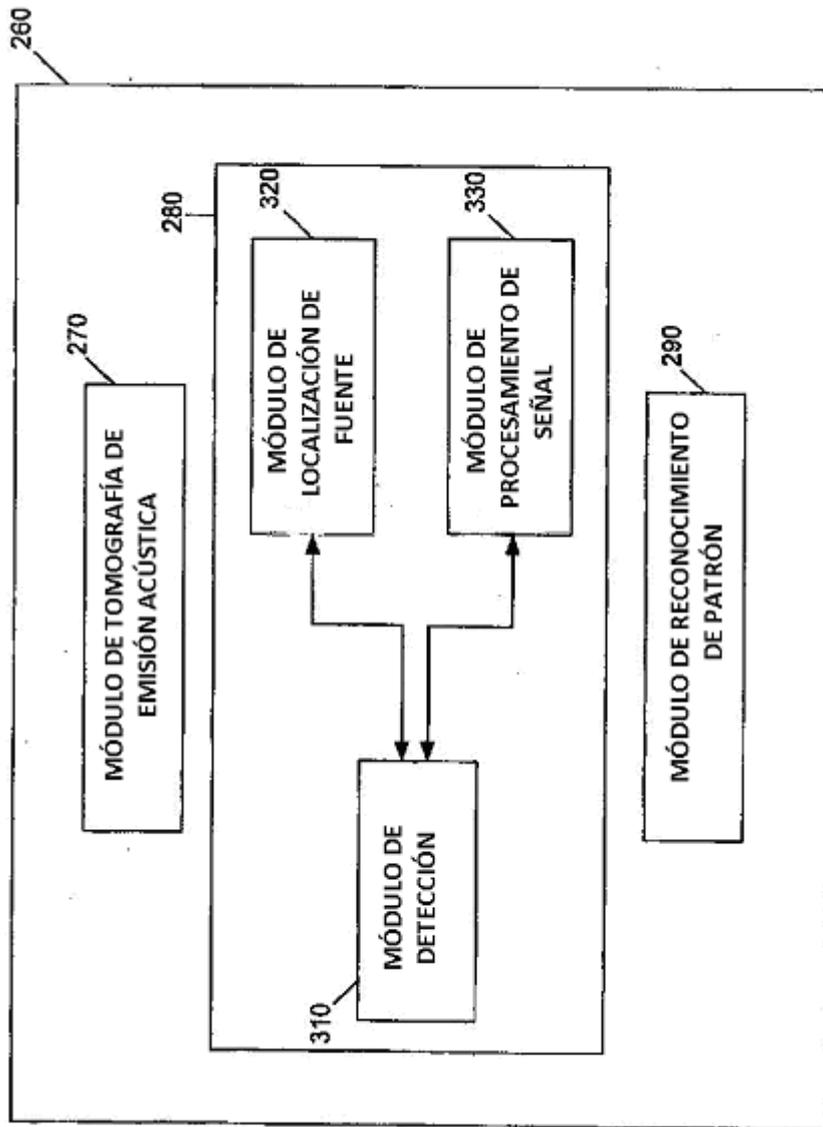


FIG. 3

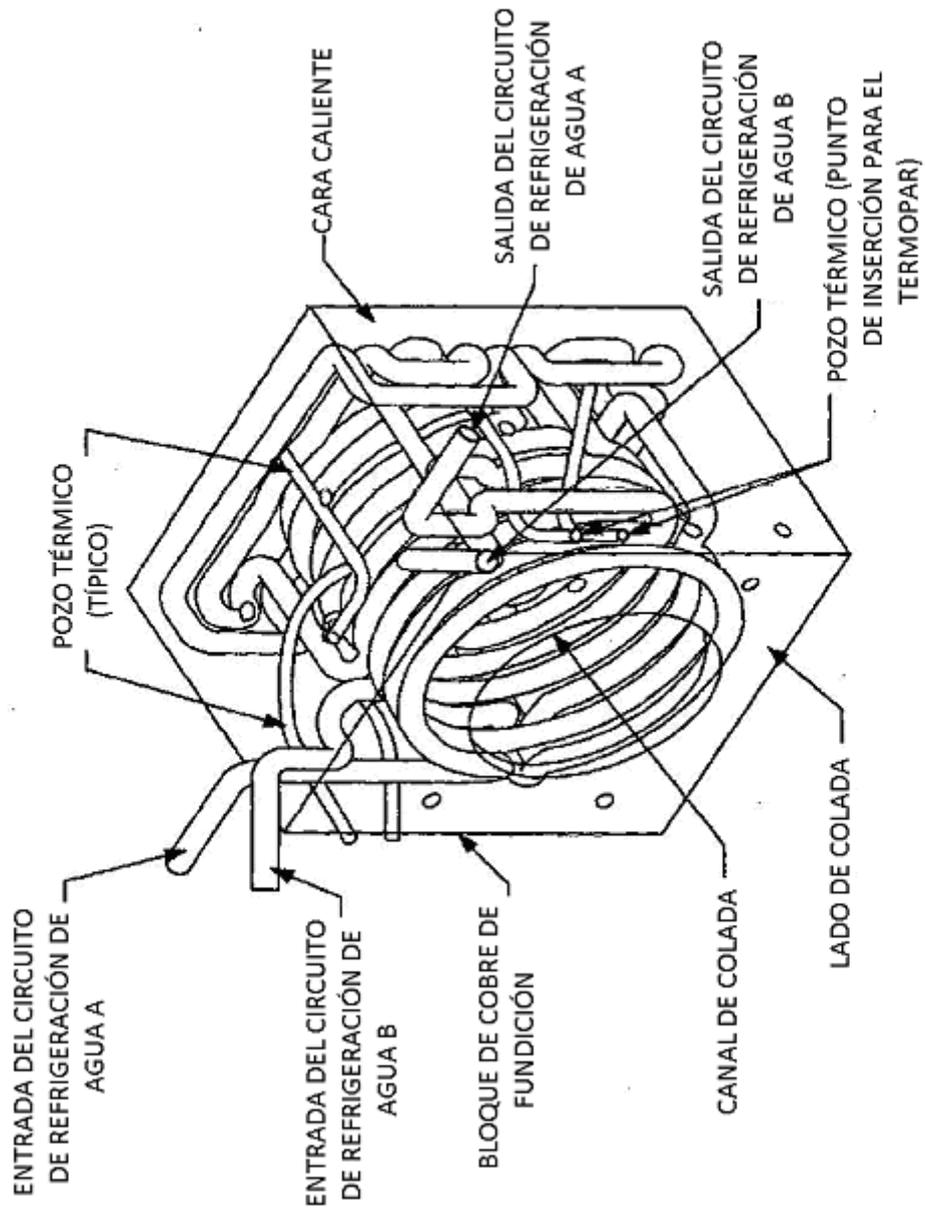
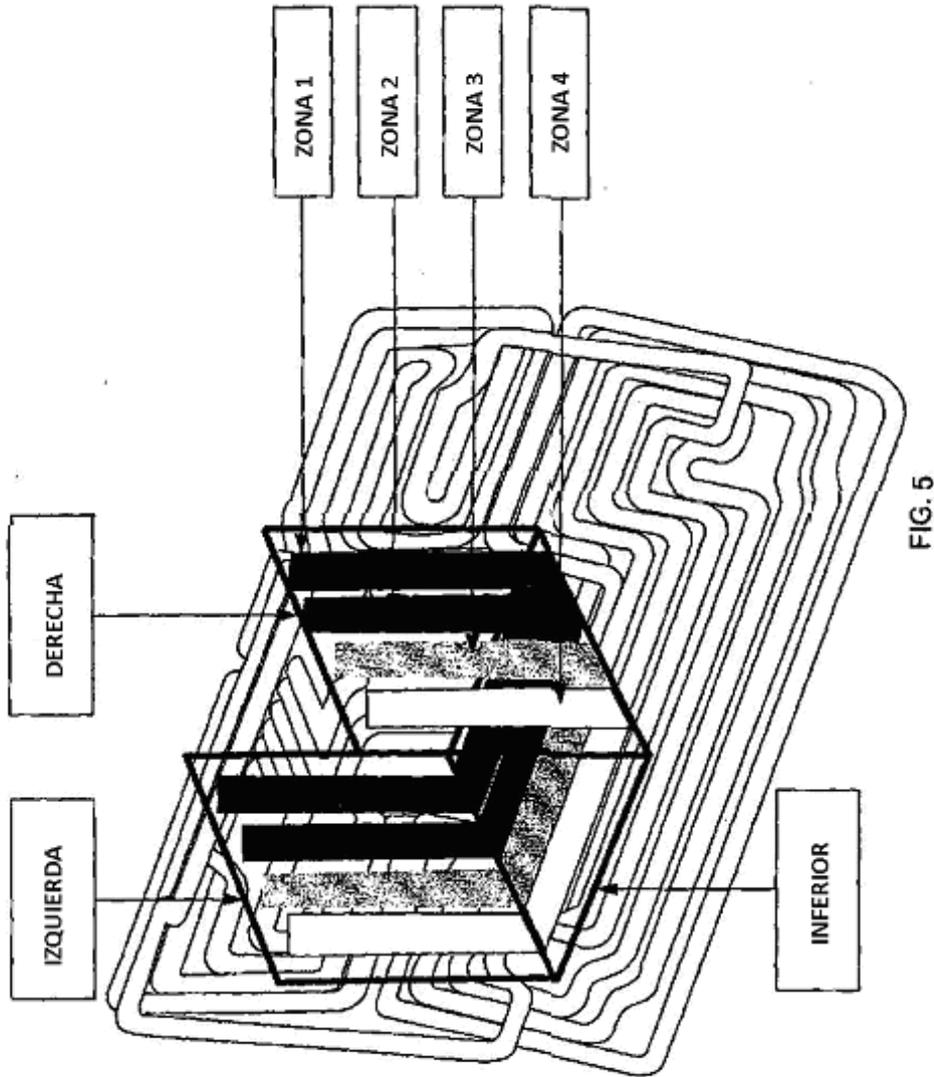


FIG. 4



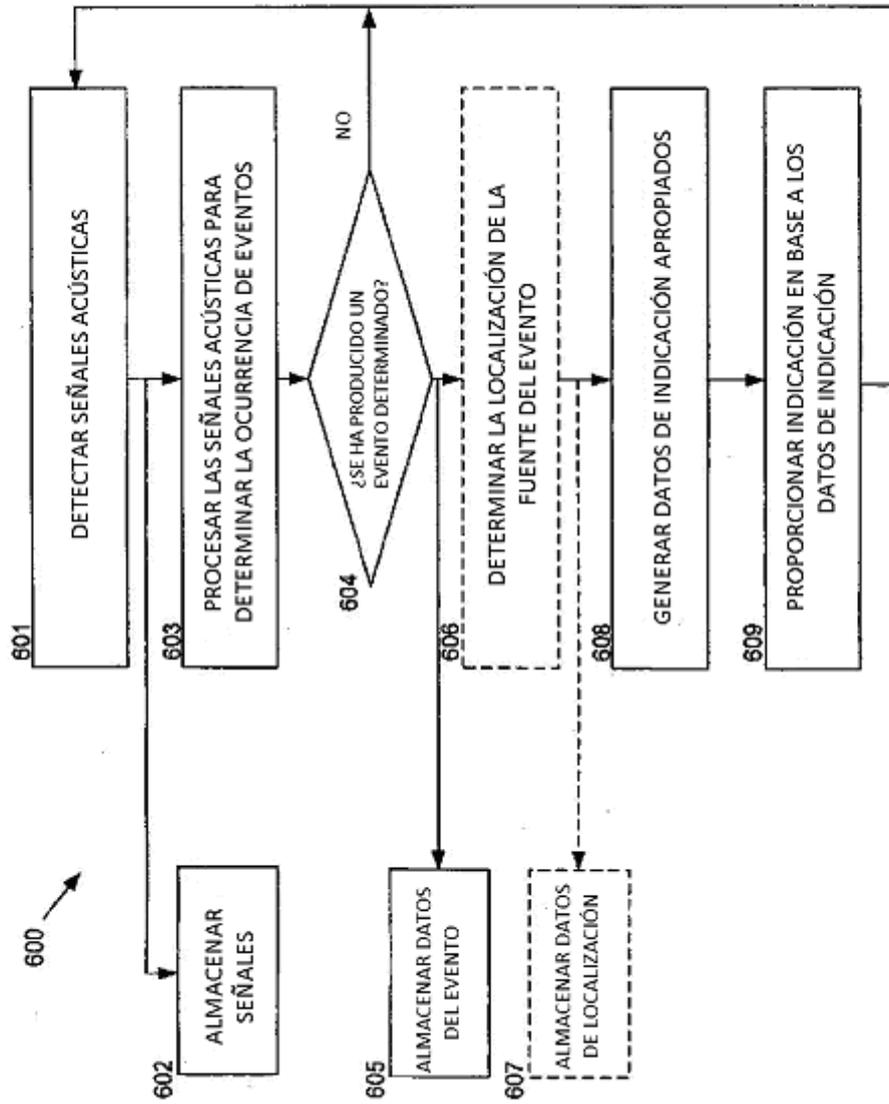


FIG. 6

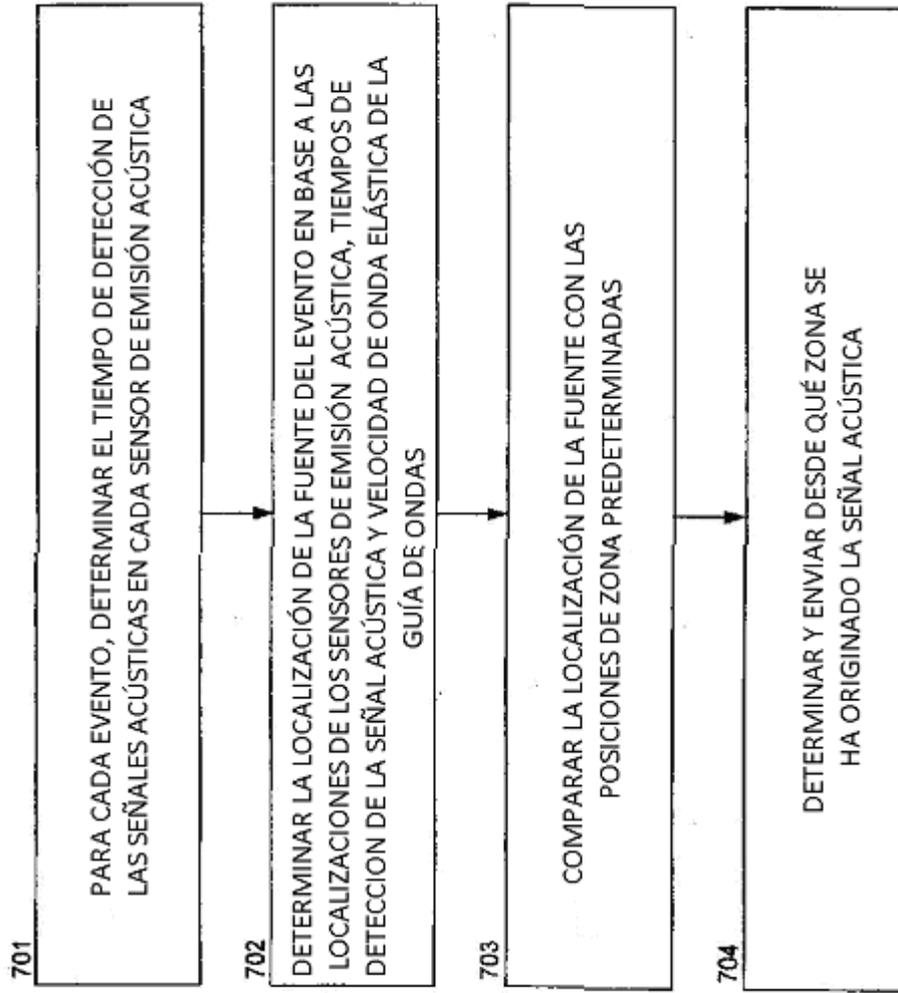


FIG. 7

606