

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 062**

51 Int. Cl.:

**A61B 6/03** (2006.01)

**G01N 23/04** (2006.01)

**G01N 23/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2010 E 10763220 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2470077**

54 Título: **Procedimiento y aparato para inspección externa de soldadura de tubería**

30 Prioridad:

**28.08.2009 GB 0915141**

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

**17.04.2015**

73 Titular/es:

**SHAWCOR LTD. (100.0%)  
25 Bethridge Road  
Toronto, Ontario M9W 1M7, CA**

72 Inventor/es:

**PRENTICE, GARTH R.;  
KNIGHT, STEPHEN y  
DRAKE, STEPHEN G.**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 534 062 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y aparato para inspección externa de soldadura de tubería

**5 Campo de la invención**

**[0001]** Esta invención se refiere a un procedimiento y un aparato para inspección externa de una soldadura de tubería, tal como puede realizarse usando rayos X digitales en tiempo real.

**10 Antecedentes de la invención**

**[0002]** Las tuberías del tipo usado para transportar materiales tales como gas, petróleo, etc., a lo largo de grandes distancias están formadas por secciones de tubería metálicas. Éstas se unen entre sí con soldaduras. En la mayoría de las situaciones, las tuberías se construyen añadiendo secciones secuencialmente, una sección detrás de otra. Cuando se ha añadido una sección, ésta es soldada a la sección precedente. Dado que el extremo de la sección recién añadida está abierto, es posible inspeccionar la soldadura desde ambos extremos, y esto se realiza convencionalmente usando penetración por rayos X de la soldadura y un sistema de detección adecuado, tal como una película sensible a los rayos X. En algunas situaciones, el acceso interno es difícil de obtener. Por ejemplo, donde una tubería tiene que pasar por debajo de una carretera, la tubería puede construirse de manera convencional a ambos lados de la carretera y posteriormente puede cavarse un túnel por debajo de la carretera a través del cual puede hacerse pasar una sección de tubería que, a continuación, se conecta a las secciones de tubería a ambos lados. Cuando esto está hecho, a menudo no es posible obtener acceso interno a la tubería para inspección de la soldadura usada para conectar las secciones de tubería. Por lo tanto, se debe proporcionar un sistema de inspección completamente externo a la tubería.

**[0003]** Convencionalmente, dichas soldaduras han sido inspeccionadas usando una fuente radiactiva de haz ancho de alta intensidad tal como rayos X o rayos gamma para penetrar en ambas paredes de la tubería y para exponer una placa de película sensible a rayos X/rayos gamma en el lado opuesto de la tubería a la fuente de rayos X/rayos gamma.

**[0004]** Para obtener una imagen completa de la soldadura, se requieren una pluralidad de exposiciones y seis o más no es algo fuera de lo común, dependiendo del diámetro de la tubería. Esto es para permitir que la soldadura sea inspeccionada en todas las posiciones alrededor de la circunferencia de la tubería. La naturaleza de haz ancho de la fuente también requiere que las exposiciones sean relativamente largas y la zona de exclusión de radiación que es necesario proporcionar alrededor de la fuente de rayos X/rayos gamma es, por lo tanto, cara.

**[0005]** El documento US5014293 desvela un conjunto de escáner de tubería que puede usarse para inspección externa de una soldadura circunferencial de tubería. Una fuente de radiación y un detector de radiación son móviles circunferencialmente de forma independiente y también pueden moverse mientras permanecen sustancialmente en alineamiento.

**[0006]** El documento EP1837644 muestra un sistema para determinar una posición de intensidad máxima de una señal de radiación. Además, el documento JP09304303 muestra un sistema de TC de rayos X en el que un dispositivo y un detector de rayos X están montados sobre un rotor y pueden moverse alrededor de un objeto.

**Resumen de la invención**

**[0007]** Realizaciones preferidas de la presente invención proporcionan, en sus diversos aspectos, un procedimiento y aparato para inspección externa en tiempo real de la integridad de las soldaduras circunferenciales en tuberías. La necesidad de usar una fuente interna de rayos X de fuente de rayos X o rayos gamma de haz ancho es eliminada. Las realizaciones también buscan eliminar el uso de placas de película de rayos X/rayos gamma y los productos químicos asociados requeridos para su procesamiento.

**[0008]** Un aspecto de la presente invención proporciona un aparato para inspección externa de una soldadura circunferencial de tubería que comprende un carril para sujetar alrededor de la tubería, y una fuente de radiación y un detector de radiación montable independientemente sobre el carril en lados externos opuestos de la soldadura de tubería y móvil independientemente de forma circunferencial alrededor del carril, medios para mover la fuente y el detector una con respecto al otro en el sentido de y en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de una posición inicial mientras se muestrea la radiación detectada en una serie de posiciones para determinar una posición de intensidad máxima de la señal de radiación detectada, con lo que el punto central de la fuente de radiación puede localizarse y la fuente y el detector alinearse sustancialmente entre sí, en el que la fuente de radiación está colimada en un estrecho haz en abanico que ilumina el detector de rayos X y el detector está protegido por una carcasa de metal pesado que absorbe la radiación para reducir la dispersión de rayos X, y que comprende además medios para mover la fuente y el detector alineados de este modo circunferencialmente alrededor de la soldadura mientras permanecen sustancialmente en alineamiento.

**Breve descripción de los dibujos**

**[0009]**

5 La figura 1 muestra una vista en perspectiva de una realización de la invención;

La figura 2 muestra una vista de la realización de la figura 1 sujeta alrededor de una soldadura circunferencial de tubería y acoplada a una estación de registro; y

10 La figura 3 muestra una realización de un detector de rayos X para uso en el sistema de la figura 2.

**Descripción detallada de realizaciones preferidas**

**[0010]** La vista en perspectiva de una realización de la invención en la figura 1 muestra los siguientes  
15 elementos. Un conjunto de detección de rayos X incluye un sensor de detección de rayos X 1 acoplado a un equipo de recogida de imágenes 2. El sensor de detección de rayos X 1 y el equipo de recogida de imágenes 2 están montados en un armazón tubular protector 10. El conjunto de detección de rayos X 3 está unido a un carrito motorizado 4 que es móvil de forma controlada alrededor de una banda o carril impulsora 7. Esta banda o carril impulsora puede sujetarse alrededor de una tubería cuyas soldaduras requieren inspección. La sujeción del carril  
20 alrededor de la tubería se consigue proporcionando el carril en dos partes que están conectadas mediante una bisagra en la ubicación 12 y se fijan alrededor del carril 7 mediante dispositivos de fijación 14.

**[0011]** También montado de forma que pueda moverse sobre el carril 7 mediante el carrito motorizado 6 hay un conjunto de fuente de rayos X 16 que comprende una fuente de rayos X 5. Los carritos motorizados 4 y 6 pueden  
25 estar controlados en sincronía para mover el conjunto de detección de rayos X y el conjunto de fuente de rayos X alrededor del carril para inspeccionar la soldadura. La fuente de rayos X y el detector de rayos X están montados sobre sus respectivos conjuntos en posiciones longitudinalmente separadas a lo largo de líneas paralelas al eje del carril externo 7 de modo que el carril no esté entre la fuente de rayos X y el detector de rayos X.

**[0012]** El carril está situado alrededor de la tubería mediante postizos de montaje 18 que separan al carril radialmente de la tubería permitiendo de este modo que el conjunto de detección de rayos X y el conjunto de fuente de rayos X estén montados firmemente sobre el carril mediante sus carritos motorizados. Los conjuntos de fuente de rayos X y detector de rayos X pueden moverse a continuación de forma controlada alrededor del carril en sincronía para inspeccionar una soldadura circunferencial.  
30

**[0013]** El detector de rayos X comprende un sensor de rayos X altamente sensible y el equipo de recogida de imágenes 2 comprende un digitalizador y convertidor de comunicación en serie. Preferentemente, el conjunto de detector de rayos X se refrigera a una temperatura constante para garantizar el funcionamiento estable. Esto se consigue mediante el uso de fluido refrigerante que pasa a través del armazón tubular 3.  
35

**[0014]** El detector de rayos X usado tiene capacidades de resolución y contraste que son de forma preferente sustancialmente similares a la de placas de película de rayos X de velocidad media. En algunas aplicaciones, pueden requerirse diferentes sensibilidades. El detector de rayos X es suficientemente sensible para ser capaz de recoger cuantos de rayos X varios órdenes mejor que lo que placas de película de rayos X convencionales son  
40 capaces de detectar.  
45

**[0015]** El detector de rayos X se basa en una versión altamente personalizada de un producto existente usado en odontología y diseñado específicamente para rayos X panorámicos de alta velocidad a dosis baja. Este producto comercial barre la mandíbula de un paciente a alta velocidad usando un dispositivo acoplado por carga de  
50 línea múltiple (CCD) que puede convertir directa o indirectamente rayos X de baja energía en una señal electrónica.

**[0016]** A modo de ejemplo, un sistema disponible en el mercado está compuesto por un dispositivo CCD de 3072 x 128 elementos que cubre 150 mm de ancho. La velocidad de barrido del mecanismo que orbita la mandíbula del paciente está vinculada a la tasa de transferencia de carga de línea a línea en el CCD, dando como resultado  
55 una única fila de señales de salida con 128 veces la amplitud de una única fila de detectores. Este tipo de detector se denomina habitualmente un dispositivo de 'integración por división del tiempo'.

**[0017]** En uso, el CCD se mueve alrededor de su arco de barrido en una dirección perpendicular a sus 128 filas de elementos de CCD. Cada elemento tiene, por ejemplo 50 micrómetros de diámetro. La carga procedente de  
60 los elementos en cada fila es leída en un primer barrido que es almacenado en respectivos de una pluralidad de registros, un registro para cada fila, e incluyendo cada registro un elemento de almacenamiento para cada elemento de CCD.

**[0018]** A continuación, el CCD avanza y se realiza un segundo barrido cuando éste ha avanzado una distancia sustancialmente igual a una fila de elementos de CCD (en este caso 50 micrómetros). La carga procedente de los elementos en cada fila es leída en el segundo barrido. La carga se añade a la carga ya almacenada para la

posición de la fila respectiva con respecto al artículo que está siendo barrido. Es decir, en el primer barrido la fila delantera de elementos de CCD tendrá su carga almacenada en un primer registro, la segunda fila en un segundo registro, y así sucesivamente. En el segundo barrido, la fila delantera de elementos de CCD tendrá su carga almacenada en un nuevo registro. La segunda fila de elementos de CCD tendrá su carga añadida a la carga en el primer registro, dado que está detectando ahora en la misma posición que en la que estaba el primer registro en el primer barrido. Este proceso de avanzar registro a registro y añadir carga a cada uno cada vez que los elementos de CCD se han movido una fila para un barrido adicional continúa hasta que la carga de la fila final de elementos de CCD se ha escrito en el primer registro. Cuando esto ha ocurrido, los datos del primer registro pueden ser enviados al digitalizador y al convertidor de comunicación en serie.

10

**[0019]** Después del siguiente barrido, el registro correspondiente a la segunda posición de la primera fila de los elementos de CCD habrá terminado de acumular carga y puede ser enviado al digitalizador. Este proceso continúa para todo el artículo que está siendo barrido. Por lo tanto, para cada posición en el barrido, la carga de 128 filas de elementos de CCD se acumula en un único registro, para cada posición en el barrido, produciendo de este modo una señal donde solamente variaciones significativas estarán enmascaradas por el ruido.

15

**[0020]** El sistema global usado por el detector descrito en esta realización usa los mismos principios que el producto dental comercial descrito anteriormente, pero ha sido adaptado de cinco nuevas maneras.

20

**[0021]** En primer lugar, la anchura de detección se reduce a 75 mm, que es la anchura de inspección habitual para soldaduras. En este ejemplo la matriz de CCD se reduce, por lo tanto, a 1536 x 128 elementos, pero otras configuraciones son posibles.

25

**[0022]** En segundo lugar, el dispositivo CCD está protegido contra energías más elevadas (típicamente 300 kV o más) usadas para inspección de soldadura circunferencial mediante un profundo (típicamente de 50 mm a 100 mm de profundidad) bloque de fibra óptica coherente que absorbe radiación que cubre la ventana de entrada del CCD.

30

**[0023]** En tercer lugar, el CCD y sus componentes electrónicos están protegidos por una carcasa de metal pesado que absorbe la radiación para reducir la dispersión de rayos X.

35

**[0024]** En cuarto lugar, el bloque de fibra óptica está acoplado a un centelleador de rayos X cambiable sobre el terreno que consta de un convertidor de rayos X a luz policristalino, compuesto por millones de cristales similares a agujas, unidos a una placa portadora de baja densidad.

40

**[0025]** En quinto lugar, el detector CCD y los componentes electrónicos son refrigerados mediante dispositivos Peltier para mantener una corriente residual baja y alta estabilidad. Esto permite al detector barrer la soldadura circunferencial a velocidades lentas cuando se requiere.

45

**[0026]** Los componentes electrónicos del detector de rayos X están sincronizados al mecanismo de barrido mediante un reloj maestro de modo que los datos del CCD se muestrean cada vez que el detector ha avanzado una fila de elementos de CCD. Las relaciones de reloj maestro entre el movimiento mecánico del detector y los relojes de transferencia del detector puede modificarse de una manera tal que se 'enfoque' la recopilación de datos de rayos X en un plano particular en el espacio. En la mayoría de aplicaciones, éste es en el centro de la soldadura, pero otras operaciones son posibles. El efecto de este enfoque es enfocar los datos laminares deseados (Laminografía) en la zona de interés mientras se presentan las zonas fuera de este plano específico como fuera del foco. Usando este detector, el sistema es capaz de producir datos de rayos X que han penetrado a través de ambas paredes de la tubería y sigue siendo capaz de suministrar sensibilidades que son comparables con una placa de película tomada a través de una única pared de la tubería. Esto se consigue mediante la sensibilidad incrementada del sistema de detección y la virtual eliminación de los efectos de la superficie de la tubería más cercana a la fuente de rayos X utilizando las propiedades laminares del sistema.

50

**[0027]** La figura 3 muestra un diagrama esquemático del detector de rayos X. Los rayos X 40 entra en el conjunto. Son convertidos en luz a una longitud de onda que coincide adecuadamente con un dispositivo CCD 42 por un centelleador de rayos X cambiable sobre el terreno 44 que consta de un convertidor de rayos X a luz policristalino. Éste convierte los rayos X en luz y a continuación los hace pasar al bloque de fibra óptica coherente 46.

55

60

**[0028]** El dispositivo CCD 42 y los componentes electrónicos de interfaz 48 están encerrados en una carcasa absorbente de radiación de metal pesado 50. Dispositivos de efecto Peltier 52 refrigeran el detector CC 42 mediante una placa de transferencia térmica 54 fijada entre la parte posterior del CCD y la placa de circuitos impresos que porta los componentes electrónicos de interfaz. El calor se pasa mediante las placas de cobre 56 a un bloque de cobre 58. Un refrigerante líquido es bombeado a través del bloque de cobre mediante conexiones de entrada y de salida 60. La refrigeración del dispositivo CCD permite al detector barrer la soldadura a velocidades lentas cuando se requiere y también le permite funcionar a temperaturas ambiente elevadas.

65

**[0029]** El detector de rayos X es movido alrededor de la soldadura circunferencial a una velocidad constante por el primer carrito 4 que se mueve alrededor de la banda o carril impulsora 7. A medida que se mueve, los rayos X son detectados por el sensor de rayos X 1 que proporciona datos de salida al digitalizador y convertidor de comunicación en serie 2. Este está, a su vez, acoplado a un centro de control externo tal como un ordenador que también proporciona señales de control al carrito motorizado para impulsar al detector alrededor del carril y en sincronía con estos datos de lecturas del digitalizador y el convertidor de comunicación en serie 2 dado que éste está conectado por el sensor de rayos X 1.

**[0030]** Al mismo tiempo, el conjunto de fuente de rayos X está controlado por el centro de control para moverse alrededor del carril en sincronía con el conjunto de detector de rayos X pero en el lado opuesto de velocidad del carril aproximadamente 180° alrededor del carril desde el detector de rayos X. Esto garantiza que la fuente de rayos X está orientada sustancialmente hacia el detector de rayos X, dado que ambos se mueven alrededor del carril 7.

**[0031]** La velocidad a la que el detector y sus componentes electrónicos asociados transfieren datos al centro de control están sincronizadas con el movimiento del conjunto detector alrededor del carril 7 de una manera tal para "enfocar" la recopilación de datos de rayos X sobre un plano particular en el espacio. El uso de un dispositivo CCD en modo de 'integración de acción retardada' tal como se ha descrito anteriormente, significa que el conjunto de datos estará únicamente en 'enfoco' sobre un estrecho intervalo de ubicaciones entre la fuente de rayos X y el detector. Seleccionando una velocidad de órbita mecánica y un reloj de fila del detector que presenta los datos en la superficie de la soldadura bajo inspección, de tal manera que éste sea estacionario sobre todas las filas de CCD del detector, cualesquiera datos adquiridos en otros lugares entre la fuente y el detector (es decir, la soldadura más cercana a la fuente de rayos X) estarán fuera de foco. En la mayoría de las aplicaciones, esto es en el centro de la soldadura pero otras disposiciones son posibles. El efecto de esto es enfocar la detección de datos en la zona de interés, preferentemente el punto más cercano en la soldadura circunferencial al detector, mientras que se presentan otras zonas fuera de éste como fuera de foco. Debido a la sincronización de los relojes de transferencia que envían datos al centro de control, un conjunto de datos laminares se produce a medida que el detector realiza un barrido alrededor de la soldadura circunferencial, es decir datos del barrido se acumulan secuencialmente a medida que el detector se mueve, una fila cada vez, y son enviados al digitalizador y a continuación hacia delante para análisis.

**[0032]** La fuente de rayos X está colimada con un estrecho haz en abanico. Esto garantiza que está dirigida sustancialmente a la zona de la soldadura circunferencial reduciendo de este modo la dispersión de rayos X no usados. Los dos carritos motorizados 4 y 6 están controlados por señales procedentes del centro de control. Se mueven en sincronía alrededor del carril 7. Preferentemente, cada uno tiene controladores motorizados incorporados. Pueden, sin embargo, estar acoplados entre sí para movimiento en un funcionamiento amo/esclavo.

**[0033]** Los carritos están enganchados sobre la banda o carril impulsora 7 lo que permite a los motores impulsarlos alrededor de la circunferencia de la tubería. Una cremallera dentada pueden encajarse a la banda impulsora para enganchar los carritos para proporcionar un barrido suave y seguro de la circunferencia de la tubería. En otra realización, el mecanismo de la banda impulsora podría sustituirse por un dispositivo rotacional de tipo anillo de 'gancho' articulado suspendido sobre la tubería que porta la fuente de rayos X y el detector de rayos X

**[0034]** Cables procedentes del conjunto de fuente de rayos X y el conjunto detector de rayos X son encaminados de vuelta al centro de control o la estación de inspección que realiza el control y la captura/almacenamiento de imágenes.

**[0035]** El sistema barre toda la circunferencia de una soldadura circunferencial de tubería usando una técnica radiográfica conocida como imagen única de doble pared (DWSI). El sistema es configurado mediante el centro de control para producir una imagen de rayos X que aparece como una tira de soldadura larga continua. Esto se produce a partir de una sucesión de imágenes de muestra a partir del detector de rayos X enfocado. En esto no se usan datos fuera de foco. Por lo tanto, desde una perspectiva de imagen, la imagen presentada es de un tipo similar a la que se recogería usando una disposición de imagen única (SWSI) que se usa donde el acceso al interior de la tubería es posible.

**[0036]** Como alternativa, la fuente de rayos X puede moverse en el sentido de y en sentido contrario a las agujas del reloj con respecto al detector, o la fuente y el detector pueden moverse en el sentido de y en sentido contrario a las agujas del reloj una con respecto al otro.

**[0037]** Para garantizar que el detector de rayos X está alineado apropiadamente con la fuente de rayos X antes de que una detección de imágenes de rayos X comience, el sistema está dispuesto para realizar una búsqueda de rayos X inicialmente. En esto, los rayos X son alimentados en primer lugar y el sistema de detección de rayos X es controlado a continuación para entrar en un modo de funcionamiento de búsqueda de rayos X. En esto, órbita alrededor de su posición inicial sobre el carril circunferencial 7 en direcciones tanto en el sentido de como en sentido contrario a las agujas del reloj. A medida que se mueve, muestras de los datos de rayos X detectadas son proporcionadas al centro de control que determina la intensidad mínima y máxima de las señales de rayos X detectadas en el arco alrededor del cual se mueve. A partir de esto es capaz de calcular la posición en la que la

intensidad máxima de la señal de rayos X es detectada determinando de este modo sustancialmente el centro del haz de rayos X. Una vez que este punto central ha sido ubicado, el conjunto de detector de rayos X es movido a esta posición sin movimiento del carrito de la fuente de rayos X.

5 **[0038]** El sistema se mueve a continuación a modo de barrido, en el que el conjunto de detector de rayos X y el conjunto de fuente de rayos X son movidos ambos alrededor del carril en sincronía a la misma velocidad y manteniendo el mismo desplazamiento circunferencial seleccionado por el modo de búsqueda de rayos X para realizar un barrido de una soldadura circunferencial.

10 **[0039]** La figura 2 muestra esquemáticamente el sistema de inspección de rayos X montado sobre una tubería. La banda o carril impulsora 7 está sujeta a la circunferencia de la tubería 20. El conjunto de detector de rayos X 3 se sujeta a continuación al carril 7 y el conjunto de fuente de rayos X 16 a una posición de forma aproximada diametralmente opuesta al conjunto de detector de rayos X. Cables de control 22 están conectados a los dos conjuntos y los acoplan a una fuente de energía de bajo voltaje 24, un ordenador portátil 26 y un controlador de rayos X 28. Estos se proporcionan en un vehículo 30 que pueden estar situado a una distancia segura del sistema

15 de inspección de rayos X. Un generador portátil 32 suministra energía al sistema completo, aunque en algunas realizaciones el vehículo podría usarse como fuente de alimentación.

**[0040]** En funcionamiento, el sistema es alimentado y los rayos X son encendidos inicialmente de modo que se pueda entrar en modo de búsqueda de rayos X para encontrar el centro del haz de rayos X. Una vez que éste ha sido ubicado se realiza un barrido completo de la soldadura circunferencial. Los resultados se interpretan y se guardan a continuación. El sistema de inspección puede moverse a continuación a la siguiente soldadura a ser inspeccionada.

25 **[0041]** En una realización alternativa, múltiples detectores pueden estar provistos circunferencialmente a ambos lados del detector en la realización ilustrada en el mismo carrito orbitante de modo que puedan moverse circunferencialmente alrededor de la soldadura al mismo tiempo que los detectores principales.

**[0042]** Por ejemplo, dos detectores adicionales pueden estar montados a ambos lados del detector principal en el mismo carrito orbitante. La anchura del haz en abanico de la fuente de rayos X puede tener que incrementarse para garantizar que la radiación golpea los tres detectores. El procesamiento de los datos resultantes comprende superponer los datos de radiación detectada de cada detector adicional con los datos del detector principal para cada posición por la que pasan los detectores. Los detectores serán detectores idénticos y, preferentemente, los dispositivos CCD descritos anteriormente. Los datos de los tres detectores para cada posición alrededor de la

30 circunferencia se suman a continuación, lo que da como resultado una relación de señal con respecto a ruido mejorada para los datos resultantes, permitiendo de este modo un incremento de la velocidad de movimiento en órbita, en comparación con un único detector.

**[0043]** Se apreciará que pueden usarse realización de la invención para inspeccionar soldaduras circunferenciales en tuberías donde el acceso al interior de las tuberías no es posible. Otra aplicación para realizaciones de la invención es la inspección de soldaduras circunferenciales en tuberías de pequeño diámetro donde el diámetro interno es demasiado pequeño para desplegar convenientemente una fuente de radiación.

**[0044]** Este sistema también puede modificarse para inspeccionar soldaduras en tuberías y conductos que no sean circulares.

45

## REIVINDICACIONES

1. Aparato para inspección externa de una soldadura circunferencial de tubería que comprende un carril para sujeción alrededor de la tubería, y una fuente de radiación y un detector de radiación que pueden montarse independientemente sobre el carril en lados externos opuestos de la soldadura de tubería y móviles de forma independiente circunferencialmente alrededor del carril, medios para mover la fuente y el detector una con respecto al otro en el sentido de y en sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de una posición inicial mientras muestrean la radiación detectada en una serie de posiciones para determinar una posición de intensidad máxima de la señal de radiación detectada, con lo que el punto central de la fuente de radiación puede localizarse y la fuente y el detector alinearse sustancialmente entre sí, en el que la fuente de radiación es colimada en un estrecho haz en abanico que ilumina el detector de rayos X y el detector está protegido por una carcasa de metal pesado que absorbe la radiación para reducir la dispersión de los rayos X, y que comprende además medios para mover la fuente y el detector, alineados de este modo, circunferencialmente alrededor de la soldadura mientras permanecen sustancialmente en alineamiento.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que la fuente de radiación y el detector de radiación son portados, cada uno, por carritos motorizados respectivos que son móviles de forma controlada alrededor de un carril que está montado alrededor de la soldadura circunferencial de tubería.
3. Aparato según la reivindicación 2, en el que el carril está montado de forma amovible alrededor de la soldadura circunferencial de tubería.
4. Aparato según las reivindicaciones 2 ó 3, en el que el carril está separado de la tubería por una pluralidad de postizos de montaje.
5. Aparato según las reivindicaciones 2, 3 ó 4, en el que la fuente de radiación y el detector de radiación son móviles de forma controlada en sincronización alrededor del carril.
6. Aparato según las reivindicaciones 2, 3, 4 ó 5, en el que el carril comprende dos partes conectadas de forma articulada, con lo que el carril puede situarse alrededor de la tubería y fijarse a ella.
7. Aparato según cualquier reivindicación anterior, en el que el detector de radiación está enfocado sobre una sección estrecha de la soldadura circunferencial de tubería, y el detector lee datos de la sección de la soldadura circunferencial de tubería sobre la que está enfocado a medida que se mueve alrededor de la soldadura, produciendo de este modo un conjunto lineal de datos de detección relativos a la integridad de la soldadura.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que la fuente de radiación comprende una fuente de rayos X y el detector de radiación comprende un convertidor de rayos X en luz sobre el que caen los rayos X y que transmite luz a través de un bloque de fibra óptica que absorbe radiación a un dispositivo acoplado por carga (CCD) que detecta la intensidad de la luz.
9. Aparato según la reivindicación 8, en el que el CCD comprende a una matriz bidimensional de elementos del detector y la carga muestreada por el CCD es muestreada en sincronización, fila a fila con el movimiento mecánico del CCD sobre un número predeterminado de filas de la matriz, y la carga muestreada en cada posición de cada fila se acumula en una pluralidad de registros respectivos.
10. Aparato según la reivindicación 9, en el que la señal resultante producida a partir de la acumulación de carga sobre el número predeterminado de filas del dispositivo CCD es una única fila de salida, que contiene la acumulación de carga total a partir del número predeterminado de filas seleccionadas para la inspección de la soldadura.
11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que incluye medios para refrigerar el detector de radiación.
12. Aparato según cualquier reivindicación anterior, que comprende al menos dos detectores de radiación adicionales situados a ambos lados del primer detector de radiación y móviles circunferencialmente alrededor de la soldadura con el primer detector de radiación.
13. Aparato según la reivindicación 12, en el que datos muestreados por cada uno de los detectores de radiación en cada una de una pluralidad de posiciones alrededor de la soldadura de tubería circunferencial se suman para cada posición.

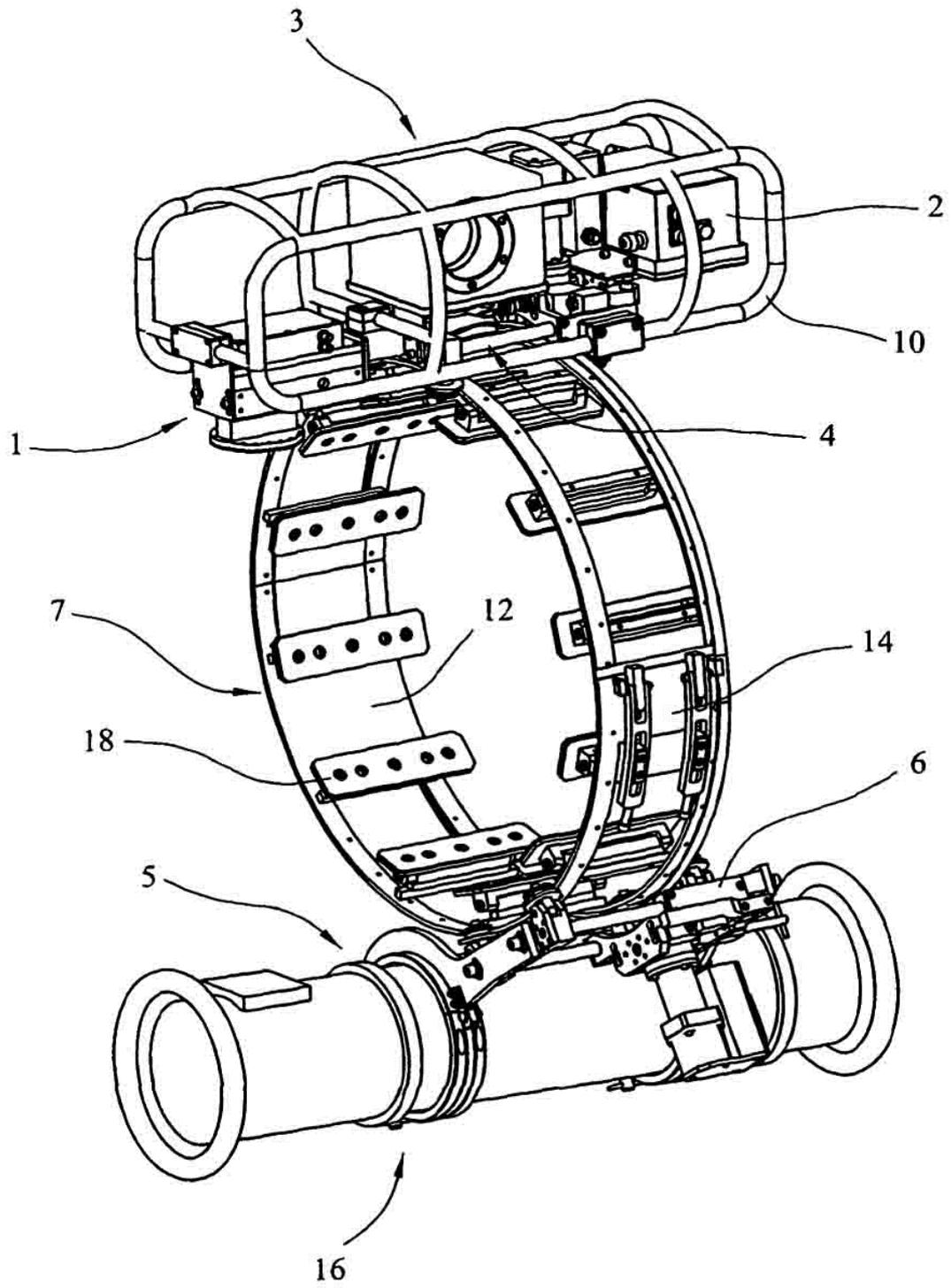


FIG. 1

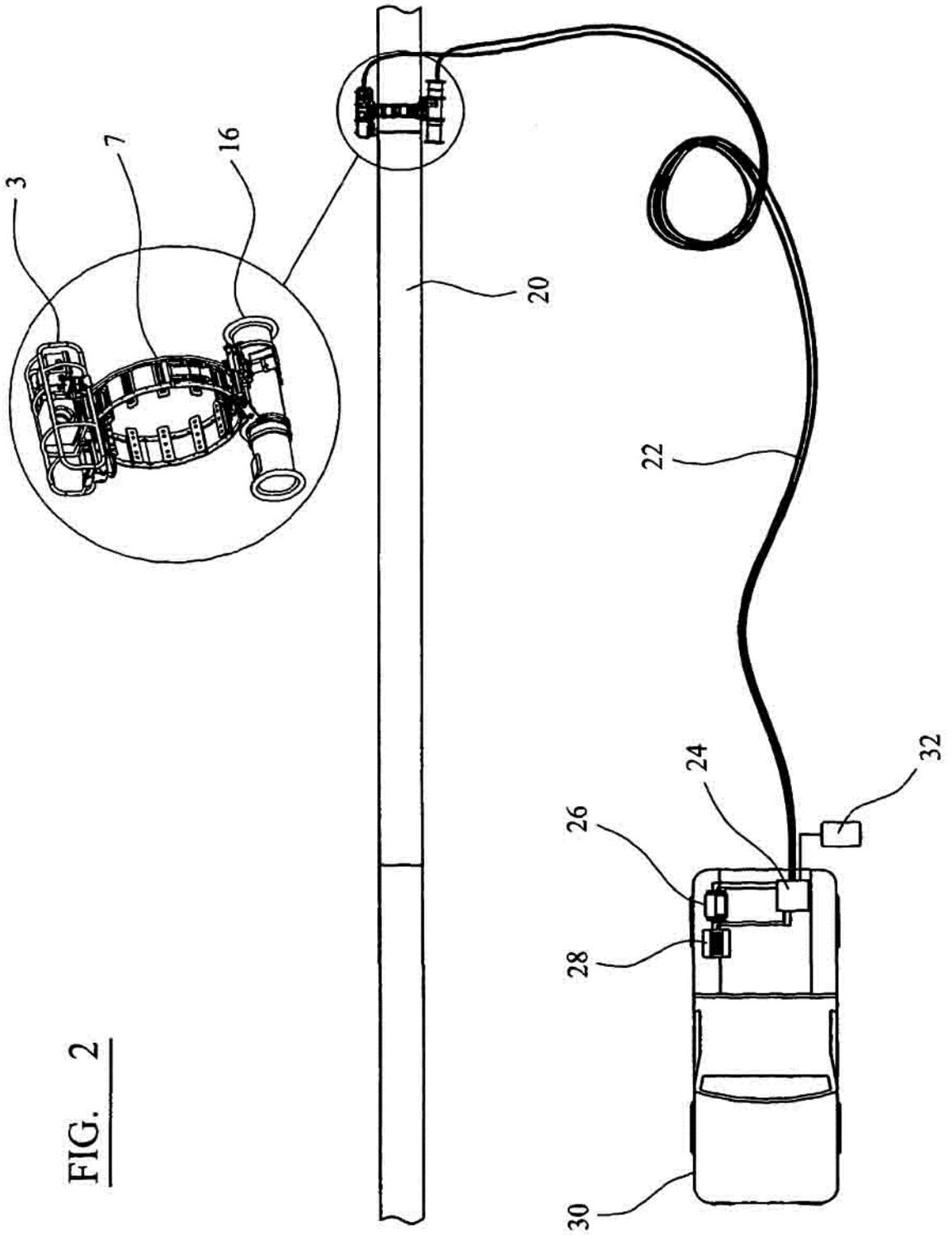


FIG. 2

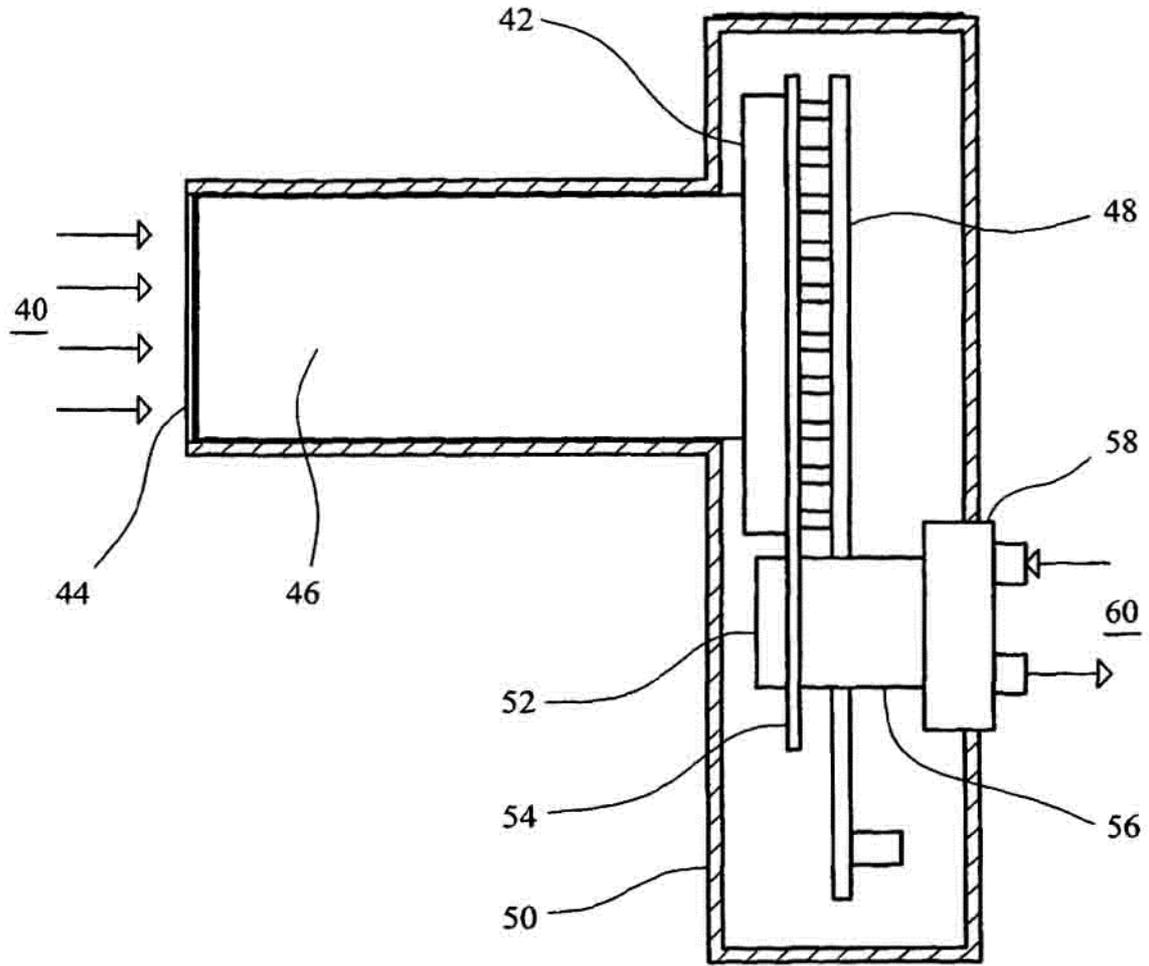


FIG. 3