



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 305 730**

51 Int. Cl.:
G01N 21/952 (2006.01)
G01N 21/954 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04713077 .8**
86 Fecha de presentación : **20.02.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1597566**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **23.11.2005**

54 Título: **Método y aparato para escanear corrosión y defectos superficiales.**

30 Prioridad: **21.02.2003 EP 03447033**
05.03.2003 US 451654 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

73 Titular/es: **Guido D. K. de Meurechy**
Sas 3
B-2880 Bornem, BE

72 Inventor/es: **De Meurechy, Guido D. K.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

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 y aparato para escanear corrosión y defectos superficiales.

5 Campo de la invención

La presente invención está relacionada con el campo de inspección de materiales para detectar la presencia de corrosión en defectos superficiales, como mellas, daños de terceros, etc. En particular, la presente invención está relacionada con un método y un aparato para determinar y analizar la corrosión en una tubería o sobre ésta. Además, la invención también está relacionada con un método y un aparato para determinar la vida útil para el uso seguro de una tubería. En otro aspecto, la invención se relaciona con un sistema para predecir la vida útil segura de una tubería.

Antecedentes de la invención

La corrosión existente en las superficies externas o internas de tubos, tanques u otros bienes industriales en servicio reduce la integridad del material y reduce potencialmente la vida en servicio del equipo. Los defectos pueden asumir varias formas y se pueden iniciar a partir de uno o más mecanismos que potencialmente pueden ocasionar corrosión y/o fisuras. Estos factores afectan a una amplia gama de materiales y abarcan a muchas industrias entre las que se encuentran: automotriz, industrial, aeroespacial, oleoductos, generación de energía, tanques, recipientes, intercambiadores de calor, recipientes con gas y sometidos a presión, patas para plataformas offshore, chimeneas, torres de destilación y marítima.

La corrosión es la ruptura del material padre causada primordialmente por métodos electroquímicos donde se produce un intercambio de electrones entre los dos materiales. La corrosión tiene el potencial de reducir la vida de diseño de un producto por degradación prematura. Existen diferentes tipos de corrosión. Uniforme o general, la corrosión avanza a aproximadamente el mismo ritmo sobre la totalidad de la superficie que se corroe. Las picaduras ocasionan pozos en la superficie del metal debido a la corrosión localizada. La corrosión de hendiduras se produce en una ruptura del material o inmediatamente alrededor de éste. La corrosión intergranular ocasiona corrosión en los límites del metal o cerca de éstos. La corrosión por erosión implica erosión conjunta y erosión que en general se produce en líquidos de flujo rápido que tienen un alto nivel de turbulencia. Se producen fisuras provocadas por el ambiente a partir de la acción conjunta de esfuerzos mecánicos y la corrosión.

Los diversos tipos de corrosión producen distintos modelos de corrosión. No obstante, que la corrosión venga causada por una corrosión marcada de bajo nivel y que afecte a amplias superficies, o bien que se trate de una corrosión galvánica más agresiva influenciada microbiológicamente, el resultado sigue siendo una pérdida del metal que podría poner en peligro la integridad de la tubería u otras estructuras. Los modelos de corrosión producidos incluyen defectos uniformes, superficies picadas, estriaciones y defectos de los canales.

La corrosión de las tuberías es un problema muy común al que se enfrenta la industria continuamente. Los técnicos de las tuberías deben utilizar una serie de herramientas para una inspección alineada con el fin de determinar el estado de corrosión de una tubería. Dicha herramienta de inspección está formada por los llamados “marranos”, “marranos inteligentes” o raspatubos. Los marranos son unos tapones con forma cilíndrica que tienen el mismo diámetro que un tubo particular, los “marranos inteligentes” son vías de inspección que pueden introducirse por dentro del tubo y en el que se han montado elementos mecánicos tales como sofisticados sensores electrónicos y dispositivos de recogida de datos. Las tuberías en palo están equipadas con dispositivos de lanzamiento y de recepción que permiten bombear los “marranos inteligentes” remotos a través de los tubos para evaluar las condiciones del mismo de manera periódica. También existen los marranos para cables, que pueden situarse dentro de una tubería, moverse en una dirección y sacarse mediante el cable. Los marranos inteligentes en línea pueden identificar los daños y corrosión además de evaluar las condiciones generales de la tubería.

Sin embargo, aunque suelen ser efectivos, los métodos mediante los cuales se utilizan marranos inteligentes para medir los hoyos tienen varios inconvenientes. Una de las desventajas de utilizar dichos marranos inteligentes es que tienen dificultades al girar en esquinas abruptas, al adentrarse en aperturas de diferente tamaño o al cambiar las dimensiones del tubo. Por tanto, los métodos de medición se realizan principalmente en dirección longitudinal a lo largo de las secciones rectas del tubo, obviando la evaluación deseable de codos, dobleces y porciones circulares de las superficies del tubo. Además, los instrumentos existentes para medir la corrosión cuentan con limitaciones mecánicas que restringen la misma a pequeñas zonas o puntos. Como resultado, los métodos conocidos obtienen datos que suelen carecer de la precisión y resolución necesarias. En tanto en cuanto los diámetros de los tubos obstaculicen la entrada, el acceso a las superficies internas se limita a las que encuentran cerca de las aperturas.

Kania y Carroll (1998, Int. Pipeline Conf. Vol 1, ASM E p. 309-313) describe el uso de tres sistemas, un sistema basado en láser para evaluar la corrosión de tubería, un sistema ultrasónico semi automático y un escáner de fuga de flujo magnético, para la medición de la corrosión interna y externa de tuberías expuestas. Los resultados generados con estos tres sistemas son utilizados en procedimientos de aseguramiento de corrosión como el RSTRNG para evaluar las condiciones de las tuberías y sugerir la acción correctiva apropiada, en caso de ser necesario. Sin embargo, la técnica descrita permite detectar y localizar el área corroída pero no provee información en el tiempo de vida de la tubería donde el uso adecuado de la tubería debe ser considerado.

En conclusión, los métodos conocidos para la medición de la corrosión no son solo mecánicamente limitados, pero también son caros y tardados gracias a la labor involucrada para realizar el método, procesar datos e interpretar los resultados. Además, una vez que se localiza y se detecta la corrosión en una tubería, los métodos actuales tienen otra desventaja de no ser capaces de determinar el tiempo de vida de la tubería donde el uso adecuado de la tubería debe ser considerado.

Por consiguiente, existe la necesidad de proporcionar un costo-beneficio aparato del análisis de corrosión y superficies analizando superficies internas y externas y a proporcionar un método, que permita la medición rápida y la evaluación de corrosión en todo tipo de secciones de tubería, y que supere la limitante de los métodos y aparatos conocidos hoy en día.

Por lo tanto, es el objetivo del presente invento el proporcionar un método mejorado de un aparato para la medición de la corrosión, en particular una tubería, tanque, nave, chimenea, etc. En particular, es el objetivo del presente invento el proporcionar un método y aparato que determine el tiempo de vida de uso de la tubería.

Resumen del invento

En las tuberías de transmisión de gases y líquidos, la corrosión puede provocar daños peligrosos y costosos, y es necesaria una valoración periódica del estado de las tuberías. La protección contra el medio ambiente y el funcionamiento seguro de las tuberías, son los dos primeros aspectos a tener en cuenta en la industria actual de hidrocarburos. Consecuentemente, el tamaño y una medición eficaz, y un registro de los defectos por corrosión, y su propagación y distribución, son consideraciones primordiales para las empresas que trabajan con oleoductos y gaseoductos en el mundo.

Los métodos actuales para la medida de la corrosión en una tubería permiten localizar las áreas sensibles a la corrosión en la tubería. Sin embargo, tales métodos no permiten determinar la vida útil para un uso seguro de la tubería con corrosión. El presente invento da una solución a este problema proporcionando un método mejorado y un aparato para determinar el periodo de vida que le queda a la tubería para un uso seguro. El presente aparato y el método permiten definir, caracterizar y medir mejor la pérdida de metal.

El presente invento está relacionado con un método y un aparato mejorados para determinar la vida útil para un uso seguro de un objeto que pueda sufrir corrosión. El invento se describirá con referencia al cálculo de la vida útil para un uso seguro de una tubería, por ejemplo para un gaseoducto u oleoducto. Sin embargo, el método y el aparato según el invento puede usarse además para determinar los defectos de la corrosión y de la superficie como abolladuras, daños a terceros, etc... y para determinar la vida útil para un uso seguro de otros objetos entre los que se encuentran, pero no se limitan a, puentes de autopistas, vías de ferrocarril, vehículos a motor, aeronaves, barcos, reactores, grúas, tanques, depósitos, chimeneas, furgones, intercambiadores de calor, torres de destilación, botellas a presión de gas o líquido, columnas de apoyo de plataformas oceánicas, etc...

En un primer aspecto, la presente invención tiene que ver con un método para determinar la vida útil para una utilización segura de una tubería de acuerdo con la Declaración 1.

En una presentación optima, la presente invención tiene que ver con el método antes establecido, que faculta para identificar, examinar y analizar el lugar de las zonas de pérdida de metal más baja del defecto. En otra representación óptima, la presente invención tiene que ver con el método antes indicado, y faculta para generar automáticamente un perfil de situación máximamente negativa del fondo del río en los puntos más profundos de un determinado defecto de superficie.

Con “la vida útil para una utilización segura” de un objeto, según se utiliza aquí el término, se quiere significar el periodo de tiempo restante en que puede utilizarse el objeto de forma segura y en el que no deben esperarse roturas o daños debidos a la corrosión.

Con el “área definida de una tubería” se incluyen las áreas del exterior o el interior de la tubería.

El término “datos sobre las condiciones de la superficie”, según se usa aquí, incluye los datos sobre las condiciones de la superficie exterior de la tubería y/o los datos sobre las condiciones de la superficie exterior de la tubería.

El método de la invención hace posible ofrecer fácilmente resultados utilizables sobre la corrosión en el área de interés definida. Los resultados pueden ser utilizados para detectar erosión en una zona y profundidad determinadas de las cavidades y evaluar la cantidad de material restante, estos es, el grosor de pared restante y la fortaleza de la tubería corroída. En consecuencia, se utiliza un sistema de examen de la corrosión que puede trasladarse en todas las direcciones posibles de un plano tridimensional.

La invención así comprende localizar y mesurar la corrosión sobre la superficie del área definida desplazando el sistema de examen de la corrosión en tres dimensiones y, por ende, localizar una pluralidad de cavidades de corrosión sobre la superficie de la tubería. El sistema de examen de la corrosión utilizado en el método de la invención está construido de forma tal que permite que se posicione en todas las posibles direcciones de un plano tridimensional.

ES 2 305 730 T3

En un entorno preferido, el invento está relacionado con el método indicado arriba, donde los pasos c) y d) incluyen mover el sistema de exploración para detección de corrosión en tres dimensiones sobre la superficie del área definida, y cada medición realizada por el sistema mencionado suministra datos de condición de la superficie (externa y/o interna) en coordenadas X, Y y Z.

En un entorno aún mejor los pasos c) y d) del método incluyen mover el sistema de exploración para detección de corrosión en tres dimensiones sobre la superficie del área definida, con coordenadas X, Y, y Z variables para los datos de condición de la superficie.

Como resultado, una tubería se puede explorar en todas las direcciones posibles. Los datos de condición de la superficie se pueden obtener en tres dimensiones, lo que brinda una evaluación más exacta y correcta de los datos de corrosión de la superficie de la tubería que la que se puede obtener los métodos más conocidos.

Además, este invento brinda la posibilidad de localizar y caracterizar áreas de una tubería susceptibles de corrosión. Por lo tanto, el método de este invento localiza, extiende e interpreta picaduras adyacentes de corrosión como áreas susceptibles de corrosión.

En un segundo aspecto el invento se relaciona con un sistema de exploración para detección de corrosión que cumple con la Reivindicación 6.

En un entorno preferido, el sistema de exploración para detección de corrosión puede incluir diversos instrumentos de medición adicionales, por ejemplo, sondas ultrasónicas láser o sondas por reverberación.

El sistema de exploración para detección de corrosión permite determinar la vida útil de una tubería mediante la determinación de localización y gravedad de la corrosión de ésta, y también el espesor restante de la pared de la tubería en el área corroída. Por lo tanto, este sistema se suministra con un instrumento láser y un instrumento de medición por ultrasonido que se puede montar en un brazo posicionador y se puede mover en tres dimensiones.

Ya que el instrumento láser y el instrumento de medición ultrasónico se pueden mover en todas las direcciones posibles en un plano tridimensional, el instrumento puede determinar las condiciones de la superficie y las marcas de corrosión de una manera muy precisa, incluyendo la posición y las características de la superficie tales como ancho, profundidad, estructura y forma de las marcas de corrosión. En particular, cada medición realizada por el sistema de exploración de corrosión proporciona los datos sobre las condiciones de la superficie en las coordenadas X, Y y Z. Además, para cada medición realizada por el sistema de exploración de corrosión, los datos sobre la condición de la superficie en las coordenadas X, Y y Z son variables. Afortunadamente, la posibilidad de obtener datos sobre la condición de la superficie en tres direcciones variables, nos permite obtener una información más correcta y precisa sobre la corrosión.

Los medios adecuados y legibles en la computadora del sistema de exploración de corrosión permiten recibir y procesar los datos sobre las condiciones de la superficie obtenidos por el instrumento láser y el ultrasónico: midiendo el instrumento para calcular la duración de las tuberías, donde el uso de las mismas es seguro.

Los términos “el primer medio legible de la computadora” y “el segundo medio legible de la computadora” según como se usa aquí, se refiere ya sea a dos computadoras diferentes con un procesador en común o a una computadora con dos procesadores diferentes. En este último caso, se pueden procesar los datos obtenidos utilizando el instrumento láser con un procesador, mientras que el procesador procesa los datos obtenidos usando el instrumento de medición ultrasónico. Las computadoras también pueden incluir computadoras portátiles o computadoras de campo.

De esta manera, la presente intervención proporciona un método que permite detectar, localizar y analizar la corrosión que se encuentra en y sobre la tubería y calcular la vida restante de la misma, así como su duración para su uso seguro. El presente método utiliza solamente datos relacionados al grosor de la tubería y la corrosión de la superficie que detecta y localiza la corrosión y para calcular la vida restante de la misma. Además, las mediciones de la corrosión y grosor de la superficie se llevan a cabo por medio de un solo sistema.

Los expertos en la materia reconocerán las muchas posibilidades para las configuraciones y los usos finales de esta invención en la descripción detallada y los dibujos que la acompañan que se muestran a continuación:

Descripción detallada de las figuras

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un brazo de posicionamiento de un sistema de escaneo de corrosión, según la presente invención.

La Fig. 2 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un brazo de posicionamiento provisto de un escáner láser o de un escáner de luz blanca de un sistema de escaneo de corrosión, según la presente invención.

La Fig. 3 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un brazo de posicionamiento provisto de un escáner láser de un sistema de escaneo de corrosión, según la presente invención, que ha sido montado sobre un carro móvil.

La Fig. 4 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un brazo de posicionamiento provisto de un escáner láser de un sistema de escaneado de corrosión, según la presente invención, que se encuentra conectado a un medio legible por ordenador.

La Fig. 5 ilustra la utilización de un sistema de escaneado de corrosión según la presente invención para escanear una tubería.

La Fig. 6 ilustra la utilización de un sistema de escaneado de corrosión según la presente invención para escanear una tubería en el terreno. La tubería a escanear se encuentra desenterrada, al menos parcialmente, y se fija sobre una tubería.

La Figura 7 brinda un gráfico de flujo del método algorítmico de mejor ajuste siguiendo las pautas del presente invento. La Figura 8 hasta la 14 ilustran los distintos pasos en el método algorítmico de mejor ajuste aplicado a una cañería.

La Figura 8 brinda una visión en tiempo real de una superficie de una cañería escaneada.

La Figura 9 - de la A a la C - representa el resultado de una conversión de imágenes múltiples en 3D en superficies poligonales.

La Figura 10 ilustra la alineación de un sistema de coordenadas de escaneo a un sistema de coordenadas mundial.

La Figura 11 ilustra el uso de dos calibres en el método algorítmico de mejor ajuste.

La figura 12 ilustra una referencia creada a partir de un cilindro de mejor ajuste, y una superficie LOFT creada con curvas, a partir de una muestra de la información de escaneo.

La Figura 13 ilustra tres áreas con corrosión. Las curvas negras son líneas topológicas, que representan una penalidad del 10% de pérdida de material. Las áreas encapsuladas representan la corrosión.

La Figura 14 representa dos áreas de defecto en la superficie de una cañería, indicado con cajas rectangulares blancas.

Descripción detallada del invento

La corrosión es un fenómeno que se produce naturalmente. Se la define como el deterioro de una sustancia, generalmente metal, o sus propiedades debido a una reacción con el medio ambiente. La corrosión puede provocar daños peligrosos y costosos a objetos tales como puentes de autopistas, tuberías de transporte de líquidos y gas, líneas de ferrocarril, automotores, aviones, barcos, grúas, refinerías de petróleo, plantas de producción química, petroquímica y farmacéutica, centrales de energía nuclear, etc. La corrosión puede llevar a la falla estructural, la pérdida de vida, la pérdida de inversiones de capital y daños en el medio ambiente. Por lo tanto, se debería detectar, medir, planificar y evaluar.

Un error muy común es que los daños ocasionados por la corrosión se producen siempre a la misma velocidad y mediante el mismo mecanismo, lo que de hecho no es así. La corrosión se produce en episodios relacionados con tipos específicos de situaciones operativas; por ejemplo, situaciones provocadas por variaciones de la temperatura o interacción entre la alteración de la química de los productos y el material de las tuberías. No se puede determinar la gravedad ni la naturaleza potencialmente catastrófica de la corrosión únicamente por su velocidad. Por ejemplo, en un sistema presurizado, una menor velocidad de corrosión localizada como la corrosión alveolar, puede ser más perjudicial para la integridad de la tubería que una corrosión general a mayor velocidad.

Este invento proporciona un método y un sistema de exploración de corrosión que posibilita una rápida medición y evaluación de la corrosión en porciones significativas tanto de secciones rectas como curvas de tuberías, con ahorro de los costos relacionados. Además, el ahorro en los costos resulta de la precisión mejorada, ya que se puede decidir con mayor seguridad la extracción o reparación de secciones de tuberías, con lo que se eliminan las reparaciones innecesarias requeridas cuando se utilizan enfoques conservadores con técnicas de menor precisión.. Asimismo, se pueden realizar reparaciones más confiables, que requieren menores factores de seguridad, lo que tiene como consecuencia un mayor ahorro en los costos. El sistema y el método también permiten diferenciar, calcular y realizar registros de pérdida de metal de un defecto de corrosión existente tanto fuera como dentro de la tubería.

Método

En principio este invento aporta un método para determinar la vida útil de un entramado de tuberías, y puede aplicarse tanto en superficies lisas, curvas o soldadas, como en la unión de las tuberías, su circunferencia, soldaduras, etc.

El método incluye los primeros pasos para adjudicar a una zona el análisis de la superficie de corrosión y para aportar un sistema de escaneo de la corrosión que analice una zona concreta, interna o externa, de las tuberías. Por

consiguiente, la corrosión es localizada y medida en la superficie de la zona definida por medio del sistema de escaneo de la corrosión. De esta manera, la cantidad de marcas de corrosión en una superficie dada son localizadas y medidas. En el siguiente paso de este método, el grosor restante de las tuberías de la zona definida es medido por medio, también, de este sistema de escaneo de la corrosión. En el paso final, los datos referentes a la condición de la superficie, obtenidos por medio del sistema de escaneo de la corrosión, son procesados para determinar el tiempo útil restante de las tuberías.

El método aplicado a este invento, permite la posibilidad de aportar datos rápidamente relacionados con la corrosión en una zona definida. Los datos pueden ser usados para identificar marcas de corrosión y la profundidad de estas en una zona específica, y de evaluar la cantidad de material restante; por ejemplo, el grosor y la fuerza de la tubería afectada por la corrosión.

En métodos tradicionales, el examen de corrosión generalmente comienza a una distancia fija en la cañería, ej: en la coordenada constante Z. Por lo tanto, solo la variable de condiciones superficiales coordina en dos dimensiones, ej: se dan coordenadas variables X e Y. En métodos tradicionales no se miden los datos de la condición de superficie en la coordenada Z.

Por el contrario, el método de acuerdo a la invención efectúa el examen de corrosión en tres dimensiones. Esto significa que el examen no de lleva a cabo a una distancia justa en la cañería a examinar. En el método, de acuerdo a la invención actual se aplica un sistema de examen de corrosión que se puede desplazar en cualquiera de las tres dimensiones del plano. Por eso, cualquier medición hecha con el sistema de examen de corrosión a lo dado anteriormente nos dará datos del estado de la superficie en las coordenadas X, Y así como en Z. Mas aún, cada medición hecha con el sistema de examen de corrosión brinda datos sobre la condición de la superficie en las coordenadas X, Y y Z que son variables. Las coordenadas tridimensionales que varían de acuerdo a las condiciones de medición son capaces de brindar datos de la corrosión más precisos, más completos y más efectivos, datos que son obtenibles usando el método de examen de corrosión tradicional.

En casos particulares, la invención actual no solo brinda un método para identificar hoyos individuales de corrosión sino que brinda un método para determinar áreas susceptibles de corrosión en la cañería. Por lo tanto, el sistema de examen de corrosión usado en el método de acuerdo a la invención se ideó de tal manera que permite localizar hoyos individuales de corrosión. Los hoyos de corrosión cercanos localizados se agrupan y se señalan como áreas susceptibles la corrosión.

Ya que el método de la actual invención permite localizar y medir la superficie de un área definida por medio de un sistema de examen de corrosión que es movable en dirección X, Y y Z, la invención brinda un método de análisis de corrosión que puede hacerse en secciones determinadas de la cañería, incluyendo áreas rectas o curvas de la cañería y preferentemente áreas soldadas, que generalmente son más vulnerables a la corrosión.

Sistema de exploración de corrosión

En otra realización, la presente invención se refiere a un sistema de exploración de corrosión para determinar y caracterizar la corrosión en una zona de la superficie de un objeto definida para un análisis de exploración de corrosión. El sistema de exploración de corrosión comprende las características especificadas en la reivindicación 6.

Haciendo referencia a la figura 1, se muestra un ejemplo de un brazo de posicionamiento para el sistema de exploración de corrosión. El brazo de posicionamiento puede funcionar manual o automáticamente. El brazo de posicionamiento 4 representado comprende un elemento de base 2 adecuado para disponer el brazo 4 sobre un elemento de soporte 5, una primera pata 3 conectada con capacidad de giro al elemento de base 2 y una segunda pata 4 conectada con capacidad de giro a ésta última en tres dimensiones sobre la zona definida para el análisis de exploración de corrosión. La primera 3 y la segunda 4 patas del brazo de posicionamiento están hechas preferiblemente de metal, aluminio o un material compuesto, tal como Kevlar. En una realización preferida, las patas 3, 4 del brazo de posicionamiento están hechas de un material compuesto. Dicho material presenta la ventaja de ser menos susceptible a fluctuaciones de temperatura.

El número de patas del brazo de posicionamiento no se limita al número representado en la figura 1. El brazo de posicionamiento, al que también se hace referencia en la presente descripción como localizador 3D, puede tener un único eje o múltiples ejes dependiendo del número de patas, por ejemplo, desde un eje limitado o ilimitado hasta catorce o más ejes de libertad entre las distintas patas. El brazo puede disponerse sobre un carro con ruedas magnéticas y estar dotado de codificadores que contabilizan y registran el desplazamiento y los movimientos del dispositivo.

Un instrumento de medición de ultrasonidos y otras sondas están montados en el propio brazo de posicionamiento. Los instrumentos pueden montarse en una de las patas del brazo de posicionamiento, ya sea en la segunda, tercera o cuarta patas del brazo de posicionamiento.

En otra realización preferida, el sistema de exploración de corrosión según la invención comprende además un sistema de refrigeración, que puede ser conectado a un instrumento de medición en dicho brazo de posicionamiento, y capaz de controlar la temperatura de dicho instrumento de medición. Sistemas de refrigeración adecuados comprenden, aunque no de manera limitativa, sistemas de refrigeración de circuito cerrado mediante placas y compresores de

refrigeración y/o compensación de temperatura para el brazo de posicionamiento y/o para el detector de láser o para el escáner de luz blanca, o refrigeración por circulación de aire en el alojamiento del detector. La compensación de temperatura puede llevarse a cabo en los instrumentos de medición y en el localizador 3D mediante un PT100, un PT1000 o similares, a efectos de compensar las mediciones con la temperatura ambiente.

El brazo móvil es altamente preciso y portátil, el cual puede ser ajustado de manera fácil en la posición deseada independientemente del entorno en el que se encuentre. En una realización preferida, el brazo móvil viene con una base diseñada para el uso portátil o fijo y que permite la instalación del dicho brazo sobre los diferentes tipos de elementos o superficies de montaje, incluyendo, pero no limitado a, la parte superior de una mesa, un riel deslizante, un trípode, un bloque magnético, una leva o similar. El brazo móvil también puede ser montado sobre la superficie del objeto a escanear por medio de un imán. Dicho imán puede ser, por ejemplo, un electro-imán, o un imán con una sistema de bloqueo de leva. Preferentemente, la base del brazo móvil deberá estar conectada a la superficie que va a ser medida. Para conectar elementos al brazo móvil tales como correas, imanes fijos o activados, abrazaderas, soportes, clavijas, marcos, aspiradores absorbentes, sistemas de bloqueo de leva, o demás, deberá seguir las instrucciones para asegurar el brazo móvil a la superficie. También, el brazo móvil deberá venir sobre una carcasa móvil o fija que le soporte. La Figura 3 muestra la instalación del brazo móvil conforme a la invención actual sobre un riel deslizante 10. Dicho riel deberá ser implementado sobre un sistema transverso de riel que le permita al brazo móvil moverse en dirección axial y radial. Alternativamente, la figura 5 muestra la instalación del brazo móvil conforme a la invención actual sobre una superficie de montaje 5, suministrada sobre una tubería 13.

Cuando el brazo de posición se coloca sobre un carro con ruedas magnéticas u otro elemento movable, el brazo se desplaza y esta información puede ser agregada a la información de la condición de la superficie 3D medida por los instrumentos proporcionados en el mismo sistema mundial de coordenadas utilizado en la información sobre la condición de la superficie.

Como se indica en la Figura 6, el invento posee un sistema portátil y listo para ser usado en terreno. Tal como se ilustra, se entierra una tubería 13 y se procede a aplicar un sistema de digitalización con escáner para detectar corrosión en la tubería enterrada 13. El sistema de digitalización con escáner se aplica sobre la tubería 13 al fijar el miembro de la base 2 del brazo de posición montado sobre una superficie 5. A partir de entonces, el usuario puede mover fácilmente el instrumento 6 conectado a la segunda pata 4 del brazo de posición sobre la superficie de la tubería enterrada para investigar el estado de corrosión de esa área. El brazo de posición se conecta a un medio lector 7 de un computador, de tal manera que la información obtenida pueda ser reproducida en la pantalla en tiempo real, permitiendo verificar si se capturaron los datos y si el objeto está totalmente escaneado.

La Figura 2 representa una forma de materializar el sistema de digitalización mediante escáner de la corrosión de acuerdo con el invento, donde un instrumento láser 6 se conecta a un brazo de posición 4. El instrumento láser es capaz de emitir un haz de luz láser para detectar la reflexión de la luz láser a partir de un área de la superficie para evaluar su condición. Se puede remover fácilmente el instrumento láser y unirlo nuevamente a la segunda pata 4 del brazo de posición 4. Preferiblemente, la materialización del invento se relaciona a un sistema de digitalización con escáner para detectar corrosión, donde el instrumento láser 6 comprende una fuente de luz láser adecuada para emitir luz láser a través de una parte de la superficie de un material determinado para un análisis de corrosión digitalizado con escáner, medios para proyectar un haz de luz láser a través del área de la superficie y un detector de luz láser adecuado para detectar el haz de luz láser reflejado a partir del área de la superficie del material y generar los datos de la condición de su superficie.

El instrumento Láser puede incluir cualquier tipo de instrumento de este tipo conocido en el arte, incluyendo los escáneres de luz Blanca tales como moire. El instrumento láser es adecuado para la digitalización de superficies. En este tipo de instrumento, la fuente del láser puede ser convencional, tales como un láser de diodo o un láser de gas, por ejemplo un láser Helio-neón de 5 mW, o un escáner de luz blanca Moire. Se pueden usar todos los láseres conocidos, incluyendo aquellos que producen luz infrarroja y ultravioleta. Los medios para proyectar la luz láser establecen un campo de visión para el instrumento láser y producen en la superficie un área de escaneo determinada. Los medios para proyectar pueden incluir escanear repetidamente un haz de luz cruzando el área de escaneo. En ese caso, constantemente se mueve un haz de luz de un extremo a otro del área de escaneo para delimitar la extensión sobre la que se va a escanear. Primeramente, los medios para proyección incluyen formas para dispersar el haz de luz del láser en un patrón constante para definir de manera continua el área de escaneo, como por ejemplo mediante la difracción o refracción de un haz de luz de láser a través de un elemento. De modo aliterado, los medios para hacerlo son simplemente medios para definir un campo de luz láser proyectada desde una fuente, como por ejemplo una pantalla sombreada para definir la salida de proyección radialmente de un láser diodo y producir un campo de visión para el instrumento láser. La luz láser reflejada en la superficie que va a medirse es detectada por el detector de luz láser. El detector de luz láser es preferiblemente un dispositivo acoplado de carga (Cámara CCD, por sus siglas en ingles) el cual detecta y registra el patrón y la intensidad de la luz láser reflejada en el área de escaneo. Otros detectores adecuados, que logran el mismo resultado, se entiende que se encuentran dentro del alcance de este elemento de la invención. Tales detectores pueden ser, a modo de ejemplo no limitativo, arsenales CCD, arsenal fotodiodo, arsenal TDI, y detectores de fotografías, tales como Si, Ge, Pbs, e InGaAs. Así como también, otros medios adecuados para proyección que logren los mismos resultados se entienden que se encuentran dentro del alcance de esta invención.

En otra presentación preferencial de la invención presente, el instrumento láser 6 es capaz de escanear aproximadamente 20.000 o mas puntos por segundo. Sin importar, el método y los medios para proyectar la luz láser, el número

de sondeo por segundos puede ser variado por el usuario y múltiples sondeos de la misma área pueden ser tomados. En una presentación preferida de la invención presente, el instrumento láser 6 es capaz de sondear preferiblemente 23.000 o mas puntos por segundo. Los detectores de luz, para dispositivos acoplados de carga por instancia, son capaces de sondear la luz reflejada además de su posición angular cada 400 microsegundos o menos, para producir un punto de medición el cual es enviado a los medios de lectura de la computadora. En otra presentación preferida, el sistema de sondeo de corrosión, de acuerdo con la presente invención permite sondear áreas compuesta entre 600 y 1000 cm² por minuto. Adicionalmente, en otra presentación mas, el sistema de sondeo de corrosión, de acuerdo con la invención presente permite ofrecer mediciones de alta precisión, hasta el nivel wm y hasta una densidad de 0.025 mm entre cada punto de medición.

El instrumento láser esta en operación conectado a la segunda pata del brazo posicionador. Ya que este brazo posicionador puede ser movido en todas las posibles direcciones, de acuerdo, en operación, un haz de láser puede ser proyectado a través de una superficie de un material para definir el área de sondeo orientada en todas las posibles direcciones, por ejemplo: en X, Y como también en una dirección Z. Como consecuencia de esto, cada medición con el instrumento láser permite obtener la información de la condición de superficie en coordenadas X, Y, Z. Aun más, para cada medición mediante el sistema de sondeo de corrosión la información de la superficie en coordenadas X, Y, Z son variables. Como resultado de esto, resulta ser posible evaluar con precisión, un área definida, para reducir el posicionamiento.

En uno de los aspectos elegidos, el brazo de alineación puede mover el láser tanto en forma gradual entre cada escaneo, o en forma simultánea durante los mismos para medir la totalidad del área de interés. En el funcionamiento del presente invento, el láser emite información sobre la condición de la superficie, y el brazo de alineación emite información referida a la posición; ambas informaciones son leídas por la computadora.

Preferentemente, la información sobre las condiciones de la superficie y de la posición es automática, y la computadora procesa en forma automática los datos leídos para emitir la información relacionada a la corrosión del área de superficie medida. Esta información sobre la corrosión de un área se refiere principalmente a la identificación y profundidad de los huecos. En otro aspecto, no obstante, este invento también provee un sistema de escaneo de la corrosión capaz de identificar el área realmente susceptible de sufrir corrosión en una superficie, agrupando partículas adyacentes de corrosión a un área con posibilidades de sufrir corrosión. Personal capacitado en el rubro puede programar la operación automática del láser y del brazo de alineación, así como también el procesamiento automático de la señal. La información puede procesarse en tiempo real, el dispositivo de salida de la información está preparado para emplear la misma en el campo, o para cargarla en la memoria para su posterior procesamiento.

En uno de los aspectos elegidos, se pueden conectar diferentes tipos de instrumentos de medición al sistema de escaneo de la corrosión de este invento. En los métodos tradicionales, cuando se miden los defectos de corrosión empleando diferentes tipos de instrumentos, es dificultoso hacer coincidir con exactitud los defectos medidos con un instrumento con los medidos con otro instrumento. El deslizamiento del odómetro, diferencias de orientación y de herramientas, exactitud y sensibilidad, y cambios en la forma y tamaño de la corrosión dificultan la coincidencia entre distintas mediciones. El presente sistema de escaneo de la corrosión soluciona este problema al incluir diferentes instrumentos de medición en el mismo sistema. Aquí la corrosión se mide en el mismo lugar y con la mayor exactitud, empleando diferentes instrumentos de medición montados en el mismo brazo de alineación. Por ejemplo, en la misma posición para las coordenadas X, Y y Z, se realizan diferentes mediciones empleando distintos instrumentos de medición.

El invento además incluye un instrumento de medición ultrasónico removible conectado al segundo soporte del brazo de alineación, que es adecuado para transmitir señales acústicas a un área de una superficie y para detectar las señales acústicas que se reflejan en la misma para evaluar su condición, y una segunda computadora conectada al instrumento de medición ultrasónico y al brazo de alineación para su control. Esta segunda computadora es apta para recibir y procesar la información sobre las condiciones de la superficie obtenidas por medio del instrumento de medición ultrasónico. En un aspecto elegido, tanto el láser como el instrumento de medición ultrasónico se montan al segundo soporte del brazo de alineación por rotación.

El término "ultrasonido" se refiere a la energía del sonido con una frecuencia, o campo, demasiado alto para ser escuchado por el oído humano. Las vibraciones mecánicas ultrasónicas ocurren a frecuencias superiores al límite de la audición humana, que es de aproximadamente 20 KHz. La mayor parte de las pruebas ultrasónicas industriales se desarrollan a frecuencias entre 500 KHz y 20 MHz, aunque en algunas situaciones específicas, se emplean frecuencias de 50 KHz y hasta 200 MHz. En general, el empleo de frecuencias más altas creará una resolución más clara de los materiales delgados o pequeñas fallas, y el empleo de frecuencias más bajas ofrece una mejor penetración para la medición de muestras pesadas o de materiales que transmiten ondas de sonido en forma ineficiente.

Las ondas de sonido ultrasónicas son altamente direccionales. A diferencia del sonido audible, que parte de su fuente en todas direcciones, el ultrasonido puede generarse como haces enfocados con precisión que viajan en diseños predecibles a través del material. Todas las ondas de sonido reflejan límites entre distintos materiales, pero a frecuencias ultrasónicas, la escasa distancia entre la longitud de las ondas permite el reflejo desde objetivos muy pequeños, como las pequeñas imperfecciones. Por ejemplo, un límite aéreo, como la pared lejana de una pieza de prueba, o una grieta en un objeto que de otro modo hubiera sido sólido, reflejará casi el 100 por ciento de un haz de sonido ultrasónico que lo golpee.

ES 2 305 730 T3

El medidor ultrasónico es adecuado para determinar el espesor de un objeto, por ejemplo, el espesor de la pared de una tubería.

En una implementación más adecuada, el invento está relacionado con un sistema de análisis por escáner de corrosión donde el medidor ultrasónico consta de un transductor apropiado para generar señales acústicas a través de un área de la superficie de un material específico para el análisis por escáner de corrosión, y apropiado para detectar señales acústicas reflejadas desde el área de la superficie del material y generar información sobre las condiciones de la superficie. El transductor ultrasónico convierte la energía eléctrica en vibraciones mecánicas y viceversa y genera y recibe ondas sonoras de alta frecuencia. A medida que cambia la estructura física de un material, cambia la forma en que las ondas sonoras lo atraviesan. El análisis ultrasónico del material, normalmente implica observar parámetros, tales como la velocidad del sonido, la atenuación o la dispersión del sonido y el contenido en frecuencias de resonancia. Estos parámetros ayudan a analizar o calificar las propiedades del material, incluido el grosor del material. El equipo para estas operaciones puede variar entre simples pulsos o receptores hasta complejos sistemas de análisis. El detector de ultrasonidos detecta y almacena las señales ultrasónicas (ondas sonoras) reflejadas desde el exterior y el interior de la tubería, en vatios. En particular, el detector establece la fluctuación en diferencias temporales, entre la emisión y recepción de una señal acústica. En base a estos datos (en vatios) se puede calcular el espesor.

El medidor ultrasónico se encuentra operativo cuando está conectado a la segunda pata del brazo de posicionamiento. Puesto que este brazo se puede mover en todas las direcciones permitidas, consiguientemente, cuando el motor esté operativo, las señales acústicas se podrán proyectar a través de las superficies de un material orientado en todas las direcciones permitidas.

En un ejemplo, según este invento, se puede colocar una sonda de luz láser y una ultrasónica en el mismo brazo de alineación del sistema y registrar la información sobre la condición de la superficie en tres dimensiones. Como se conoce la distancia entre ambas sondas, un programa de software específico transfiere las medidas 3D de una sonda a las mismas medidas 3D de la otra sonda. Si las mediciones de profundidad de ambas sondas son relativamente similares, puede determinarse que esencialmente existe corrosión externa. La idéntica medición de profundidad de ambas sondas confirma la exactitud de este sistema, y también puede considerarse como una posibilidad de calibración. La medición de profundidad de la sonda con luz láser se determina a través del método del cilindro de mejor ajuste, que provee un diámetro nominal real que se obtiene escaneando el diámetro exterior total de la cañería a través del área de defecto. La pérdida externa de metal del defecto de corrosión puede cuantificarse en 3D. Si la medición de profundidad de la sonda ultrasónica no se corresponde con la de la luz láser, puede llegarse a la conclusión de que existe pérdida de metal dentro de la cañería, que puede cuantificarse restando la pérdida total de metal en mm^3 obtenida a través de la medición de la sonda ultrasónica de la pérdida total de metal en mm^3 obtenida a través de la medición de la sonda de luz láser; es decir, la pérdida total de metal de la sonda de luz láser bajo el diámetro del cilindro de mejor ajuste a través del área de defecto.

El sistema de escaneo de la corrosión que emplea el instrumento de medición ultrasónico, de acuerdo al presente invento, permite producir un registro de mediciones que puede emplearse para determinar las características de la pared de un caño en una cañería, siendo la principal el espesor de la pared. Particularmente, en el caso de una cañería corroída, permite medir el espesor del resto de la pared. Si no hubo pérdida de metal como consecuencia de la corrosión u otro daño mecánico, la instrumentación asociada con el sistema ultrasónico indicará el espesor normal de la pared. Sin embargo, si existió pérdida de metal, el sistema registrará información que indique que la pared del caño es actualmente más delgada que la del caño original, sano.

Se puede procesar los datos que se reciben por el primer o el segundo medio legible por ordenador o computadora para proveer gráficos, información visual o tabular, o salidas con respecto a las superficies escaneadas, para luego procesarlo y determinar el espesor de pared remanente y la fuerza remanente del material escaneado, como una tubería. Puede haber un procesamiento posterior para proveer recomendaciones con respecto a la reparación de las superficies que se escanearon. Se incluye un teclado y una interfaz de salida de datos con el medio legible por ordenador o computadora. En otra realización preferida, dicho dispositivo de datos puede enviar mensajes de correo electrónico por medio de un teléfono móvil o GPRS.

De aquí se entiende que los múltiples instrumentos láser e instrumentos de medición ultrasónica se usan simultáneamente de acuerdo con dicho invento y se ubican en el mismo brazo de posicionamiento para aumentar la velocidad y la capacidad con que se evalúa el área de la superficie de interés.

Además, de aquí se entiende que los instrumentos de medición adicionales, que son aptos para la medición de corrosión de un objeto, en particular: tuberías que se pueden conectar al mismo brazo de posicionamiento. Otros ejemplos no excluyentes de instrumentos de medición compatibles incluyen: sondas ultrasónicas láser, sondas de láser ultravioleta, sondas por retrodispersión de rayos beta o rayos gama, sondas de flujo magnético, sondas de espesor de paredes, etc... Por ejemplo, en otra versión, se puede aplicar instrumentos de medición de espesor de paredes al brazo de posicionamiento; en otra versión, también se puede montar láseres de punto en el brazo de posicionamiento en combinación con otras sondas. Además, también se puede usar instrumentos de medición de dispersión, por ej, sondas de radiación como sondas gamma, con dicho invento. A la "Dispersión" se la define como la propagación de ondas en medios materiales, un fenómeno en la que la dirección, frecuencia o polarización de la onda cambia cuando la onda se encuentra con discontinuidades en el medio o interactúa con el material a nivel atómico o molecular. La "dispersión de radiación" involucra la desviación de la radiación térmica, electromagnética o nuclear de su trayecto original como

consecuencia de la interacción o colisión con átomos, moléculas o partículas más grandes en la atmósfera u otro medio entre el origen de la radiación y un punto a cierta distancia. La medición de dispersión involucra la medición de la atenuación de un haz de rayos x a medida que pasa por un objeto y se guarda en el detector. Además, se pueden instalar los instrumentos por retrodispersión con rayos beta o gamma en el brazo de posicionamiento. Con el uso de sondas de retrodispersión es posible medir los defectos de las superficies internas y externas sin remover el aislamiento de la tubería, vaso, tanque, chimenea, torre de destilación, etc... Los instrumentos de medición por retrodispersión miden la densidad del material y es apto para mostrar las diferencias en el material. El uso de sondas con tecnología de retrodispersión con rayos gamma o rayos beta en dicho aparato, le permite medir el espesor de capas múltiples de paredes y medir el espesor del aislamiento, el espesor de pared y el aislamiento entre capas.

Una ventaja importante del uso de diferentes instrumentos de medición montados en el mismo brazo posicionador, consiste en que al utilizar diferentes instrumentos de medición, se obtienen diferentes mediciones de corrosión y diferentes resultados y todos los resultados se obtienen para la misma posición, por ejemplo: coordenadas X, Y, Z, correspondientes a los instrumentos utilizados. Lo anterior permite obtener información óptima, completa y precisa mediante diferentes mediciones de un área interna y/o externa del objeto examinado.

Otra ventaja consiste en que un pequeño localizador tridimensional (brazo posicionador) que se usa en una báscula de laboratorio para propósitos educativos, por ejemplo, puede proporcionarse para ser utilizado principalmente para mediciones y análisis de tasa de corrosión.

En otra representación, el invento proporciona un sistema y el software adecuado que permite visualizar la superficie de corrosión en modo de examen con una sonda de punta de contacto en el brazo posicionador en combinación con otra sonda. Asimismo, esto puede hacerse en otro dispositivo con movimiento tridimensional como es el caso de una máquina de medición o una tabla X-Y-Z, por ejemplo, los datos obtenidos utilizando un instrumento láser en el mismo dispositivo de examen. La Fig. 7 proporciona un esquema de los pasos que se siguen en este método algorítmico de mejor adecuación.

En el primer paso de este método, se incluye la adquisición de los datos del examen en una caja de 13'. Se trata prácticamente de un instrumento láser como por ejemplo un sensor de cinta láser que se monta en un brazo posicionador. El brazo posicionador puede operarse de manera manual o automática. El sensor de cinta láser proyecta una línea en el objeto que va a examinarse. Mide la profundidad de los puntos de la cinta, mientras el brazo posicionador proporciona las coordenadas globales de posición XYZ. El sensor de cinta láser y el brazo posicionador se alinean en un cubo con dimensiones certificadas. Los resultados de la alineación se almacenan en cada archivo de examen. El instrumento láser se mueve manual o automáticamente sobre el objeto que se va a examinar, capturando de preferencia hasta 23,000 puntos por segundo. Los datos obtenidos se acumulan en la pantalla en tiempo real, verificando si se capturaron los datos y si el objeto se examinó completamente. La Fig. 8 muestra una vista en tiempo real de una superficie de tubería que fue examinada.

De acuerdo con la invención se pueden adquirir tanto los datos de la superficie exterior como los de la interior. Como se explicó en el párrafo previo, se adquieren preferentemente los datos de la superficie exterior. Para adquirir los datos de la superficie interna, se efectúan mediciones del grosor de la pared. Utilizando el brazo posicionable en combinación con una sonda ultrasónica en el extremo del brazo, se suman las mediciones de espesor a las mediciones de la superficie exterior.

Posteriormente, los datos escaneados se funden en un proceso completamente automático que convierte múltiples imágenes 3D extraídas de los escaneos parciales o nubes de puntos desorganizados en superficies poligonales o en una trama. Como se indica en la Fig. 7, un modelo poligonal se obtiene como se indica en el cuadro 14 y los datos escaneados se obtienen en un sistema de coordenadas poligonales como se indica en el cuadro 15. El modelo poligonal consiste en vértices (puntos) que se hallan conectados a los vértices vecinos con triángulos. Estas transformaciones poseen las siguientes ventajas. Cada superficie poligonal (triángulo) posee una normal, de manera tal que las diferencias entre el interior y el exterior son visibles, y esas vistas sombreadas claras también pueden hacerse visibles. También el solapamiento es eliminado y con un filtro 3D apropiado se puede aplicar una pequeña reducción preservando los bordes y los detalles. Las Fig. 9 A-C representan el resultado de la conversión de múltiples imágenes 3D en superficies poligonales. La Fig. 9A muestra un conjunto de datos crudos (nube de puntos); La Fig. 9E3 muestra una trama fusionada sombreada, y la Fig. 9C muestra una nube de puntos (vértices) a partir de múltiples imágenes 3D en superficies poligonales. La Fig. 9A muestra datos crudos escaneados (nube de puntos); la Fig. 9B muestra una trama fusionada sombreada, y la Fig. 9C muestra una nube de puntos (vértices) a partir de la trama fusionada, con una reducción de 5-10 veces respecto de la nube de puntos original.

En la incorporación preferida, luego de haber reunido los datos exteriores escaneados, se controla la exactitud del sistema de escaneo. Para ese fin, se coloca un calibrador de bloque certificado magnético o no-magnético, preferentemente en las posiciones de 0°, o de 180° respecto de la posición de la tubería, con un nivel de burbuja incorporado. Preferentemente, este calibrador de bloque posee una flecha, la cual representa la dirección del flujo. El grosor de la tubería se medirá automáticamente con los calibres. Un calibre O es un dispositivo de medición automática que mide la altura de los pasos del calibrador de bloque. El calibre define "la distancia entre la superficie superior del paso más alto y la superficie superior del paso más bajo" del calibrador de bloque. Los pasos medidos del calibrador de bloque se comparan con la distancia certificada del calibrador de bloque. Las diferencias entre los valores medidos y los certificados son correctos cuando se hallan dentro de la exactitud del sistema de escaneo.

ES 2 305 730 T3

En un ejemplo, se ubican dos calibres “contiguos” en cada Cher en la posición de las 12 en punto, como se ilustra en la figura 11. El espesor del calibre superior se mide en forma automática empleando el “método del calibre” y se compara con el espesor certificado del mismo. La diferencia entre estos valores preferentemente queda dentro de la exactitud del sistema de escaneo.

El sistema de coordenadas del modelo poligonal se presenta por primera vez como un sistema arbitrario de coordenadas de escaneo, que depende de la posición del brazo de alineación. Para futuros pasos, es necesario que el modelo poligonal se transfiera a un sistema de coordenadas de referencia o a uno mundial. Esto se consigue creando en el modelo poligonal un cilindro de mejor ajuste. Se realiza una alineación 321 de manera que el eje del cilindro de mejor ajuste, es decir, el eje de los caños, se convierta en el eje X, y que la dirección del flujo físico y la del eje X sea la misma. En uno de los aspectos elegidos, esta dirección está definida por la flecha del bloque de medición que se describe más arriba. La alineación y dirección del eje Z queda establecida de manera que señale a la posición de las 12 en punto desde el caño. Preferiblemente, esta dirección está definida por la alineación del bloque de medición. Se obtiene un sistema de coordenadas de referencia, como se indica en el cuadro 17. La figura 10 ilustra la alineación de un sistema de coordenadas de escaneo a un sistema mundial.

La superficie exterior de un caño nunca es exactamente cilíndrica. Existen deformaciones típicas como consecuencia de la presencia de costuras longitudinales y transversales de soldadura, y la rectitud y ovalidad (falta de redondez) del caño en si mismo. Dependiendo de la rectitud y la forma oval del caño, la presencia de costuras de soldaduras y de las dimensiones de la corrosión y del área corroída, pueden realizarse varios tipos de referencias. Las referencias son una representación del caño en estado de no corrosión, excepto cuando se usa la técnica del cilindro de mejor ajuste como se explica más abajo. La evaluación de la comparación entre la información determinada a través del escaneo y la referencia representa la deformación local, es decir, curvatura, pérdida de material o espesor de pared, etc.

Las referencias pueden obtenerse empleando diferentes técnicas.

En un aspecto, debe crearse por lo menos un cilindro de mejor ajuste (más de 30 es para una corrosión mayor sin excepción) para poder adquirir una buena referencia para el caño, es decir, el caño en estado sin corroer. A veces, es imposible crear una buena referencia solamente con (múltiples) cilindros de mejor ajuste. En esos casos, para poder crear la referencia solicitada se necesita emplear la técnica de nivelación, como se explica más arriba. La figura 12 ilustra una referencia creada a partir de un cilindro de mejor ajuste (zona gris claro), y una superficie LOFT creada con curvas, a partir de una muestra de la información de escaneo (zona gris oscuro). En un aspecto, los cilindros de mejor ajuste pueden crearse tanto en dirección axial como radial. Por ejemplo, para caños de diámetro pequeño en los que la corrosión abarca el total de la circunferencia, los cilindros de mejor ajuste se crean en dirección axial, o mediante técnicas de nivelación.

En otro aspecto, la referencia se crea empleando una técnica diferente. Con caños fuera de los estándares, caños doblados, impresiones, etc, es muy difícil o imposible crear una buena referencia empleando la técnica del cilindro de mejor ajuste. En estos casos, puede crearse una superficie NURBS, basada en curvas cúbicas paramétricas dibujadas en las áreas no corroídas en el modelo poligonal fusionado.

En otra representación, si la información sobre la superficie interior es lo suficientemente densa, este conjunto de información puede combinarse, generando así un conjunto de información poligonal confiable de la superficie interior del caño. La comparación entre la información de escaneo del interior (combinada o no) y del exterior (combinada o no) representa el espesor real de la pared.

Incluso en otra representación, puede emplearse la técnica del plano de mejor ajuste flotante. Esta técnica para crear una referencia es particularmente adecuada para reportes automáticos.

Se realiza una comparación entre el modelo poligonal y el de referencias (múltiples) (referencias del tipo Cher o cilindros de mejor ajuste) como se indica en el cuadro f8, representando la profundidad de la corrosión. La comparación entre las referencias y la información de escaneo del exterior (combinada) da un gráfico de error de la superficie. Este da para cada punto el valor de pérdida del material local, o el espesor real de la pared si la referencia se toma como la información de escaneo del interior. Se genera automáticamente un gráfico de error de superficie como se muestra en la caja 18 y proporciona una visión general protegida y clara de la profundidad y dimensión de la corrosión. Las zonas con anomalías de más de por ejemplo 10% del grosor de la pared de la cañería o tubo se consideran como una zona corroída. Los valores para la determinación de las zonas corroídas pueden variar y dependen de normas introducidas en la industria en cuestión. En un próximo paso las zonas corroídas se indican en el gráfico como se muestra en la caja 19 y los datos sobre la condición de la superficie de cada zona corroída se exportan a un archivo de texto como se indica en la caja 20. Estos archivos de texto contienen todas las coordenadas de vértice. Las coordenadas X, Y y Z como la desviación de estos valores comparada con el valor de referencia. La figura 13 ilustra tres zonas corroídas, en donde las líneas curvas de color negro son líneas topológicas representando un 10% la línea de pérdida de material y las zonas encapsuladas representan corrosión.

En un próximo paso de este método, los datos de condición de superficie de cada zona corroída se procesan como se muestra en la caja 21 a efectos de determinar las áreas susceptibles a la corrosión y para obtener más datos, así se muestra en la caja 22. Cada punto en las zonas corroídas, junto con el vector del error a la referencia (los cilindros

ES 2 305 730 T3

más adecuados u otros sistemas de referencia) se lee en un programa personalizado. Las coordenadas de los puntos se transforman de forma comparativa con el desenrollar una superficie cilíndrica. Según el sistema de evaluación de corrosión utilizado, los datos tales como las dimensiones de la caja rectangular que definen los contornos de defecto exterior; la posición y profundidad del punto con la anomalía máxima; el peor de los casos los perfiles X e Y “lecho de río” se calculan automáticamente y se extraen de todos los defectos. Algunos de los elementos posibles de reporte incluyen pero no están limitados a los gráficos de error de superficie; los perfiles de peor caso y lechos de río. De esta manera el presente invento proporciona, en otra incorporación preferida, un método para calcular el “perfil de peor caso” del fondo del río de los puntos más profundos en un cierto defecto de superficie. Dependiendo de las normas y estándares utilizados en el sector y/o la industria en cuestión una o más zonas se consideran como un área susceptible a la corrosión. La figura 14 representa dos zonas de defecto en una superficie de un conducto, indicada con cajas rectangulares de color blanco que fueron determinadas.

Por último, se efectúa un informe de corrosión de la tubería con los elementos adquiridos en los pasos anteriores, tal como se indica en el recuadro 23. Los informes de corrosión pueden obtenerse en forma manual o automática. Se ha desarrollado un software especial de informes y análisis automáticos de la corrosión para los tubos estándar. En una presentación preferida, el procedimiento incluye los siguientes pasos:

Explorar el tubo, por dentro y por fuera.

Evaluar la exactitud de la exploración mediante un control de calibre y crear directamente en los datos crudos de la exploración el cilindro de ajuste óptimo, para transformar el conjunto de datos con la ayuda de la técnica de alineación 3-2-1 en el sistema de coordenadas mundial.

Los datos de la exploración no están desplegados; es decir, desarrollarlos con la ayuda del cilindro de ajuste óptimo creado en el paso anterior.

Fusionar el conjunto de datos obtenido.

Realizar un abordaje del tipo “plano de ajuste óptimo flotante” para crear una referencia a partir de diversos planos de ajuste óptimo. Estos planos locales de los datos no desarrollados son comparables con los cilindros locales de ajuste óptimo efectuados a partir de la generación manual de informes.

Determinar en forma automática las zonas y las fallas de corrosión con la ayuda de las reglas de interacción adecuadas y especificar los elementos que deben incluirse en la plantilla específica del cliente (p. ej., la posición y profundidad de la pintura con la máxima aberración, los perfiles de X e Y en el peor de los casos, etc). Estos elementos se generan, calculan y exportan automáticamente con formato pdf o html, o una planilla de Excel de las coordenadas XYZ de los puntos más profundos de la superficie defectuosa, sumando o no el espesor de pared correspondiente en esa ubicación.

Respecto de los análisis de elementos finitos, es posible hacer los análisis de la fortaleza o resistencia del material con paquetes FEM estándar, muy conocidos en el sector, sobre la base de los datos de la exploración 3D obtenidos. El software FEM analiza y calcula la resistencia. Resistencia significa “la máxima presión de explosión permitida sobre la estructura”.

En otra presentación, es posible hacer un informe de corrosión en el lugar. Para ello, incluso en otra presentación, el método para procesar los datos 3D obtenidos incluye realizar una filtración directamente dentro de la nube de puntos registrados de datos 3D y diseñar los cilindros de ajuste óptimo exactos.

En otra representación, la calibración y el control de la exactitud de la sonda láser o de cualquier otra sonda empleada en el presente invento puede realizarse de la siguiente manera: En un plato, por ejemplo, uno de metal, se generó un área de corrosión en ambas caras de la pieza de metal, para simular corrosión interna y externa. Asimismo, se emplearon diferentes materiales como pieza de calibración, por ejemplo, acero de distintas épocas, para llevar a cabo un análisis correcto de la señal de sondas ultrasónicas y de sondas Cher, y para calibrarlas correctamente. El plato con corrosión se escanea con el láser o con las otras sondas.

En uno de los aspectos elegidos, los valores de medición obtenidos con esta pieza de calibración, que tiene un nivel de exactitud de $1\ \mu\text{M}$, se cargan en el programa de software de 3D correspondiente al invento, y a través del mismo se compara la información obtenida con las diferentes sondas. Dependiendo de los resultados, las sondas pueden calibrarse con exactitud. Este protocolo de calibración también permite brindar una indicación de la exactitud de la información obtenida al escanear una superficie efectivamente corroída, o compensar la información escaneada y/o la información sobre el espesor de la pared con la información medida con exactitud, y compensar las mediciones con las mediciones certificadas de la calibración de las piezas. Según este invento, un dispositivo de medición de alta precisión mide la pieza que simula corrosión y calibración. El mismo está certificado y sigue los lineamientos nacionales y/o internaciones NIST, NAMAS, DKD, BKO, NKO y Cher. Por consiguiente, este aparato cumple con estos lineamientos en lo referente a exactitud y repetitividad. El análisis de la corrosión también puede desarrollarse a diferentes temperaturas, ya que el aparato puede emplearse bajo diferentes condiciones climáticas. El mismo puede emplearse tanto en Alaska como en el desierto de Oriente Medio.

En otro aspecto, el sistema y el programa informático adecuado, según el presente invento, permite comparar en forma inmediata la información escaneada con la obtenida a través de tareas de pigging. Por otra parte, también permite comparar la información escaneada con la información X e Y ó X-Y y Z de cada uno de los instrumentos de medición. Por lo tanto, este invento permite la interfase entre la información 3D obtenida en los reportes con los programas informáticos Cher, como los programas de integridad y manejo de las cañerías y programas GIS. Este invento también provee la ubicación y vista detallada, directamente en topografía, y reportes y equipos de información GIS.

En otro de los aspectos elegidos, el invento se refiere a un método donde la ubicación del aparato que escanea la corrosión se determina a través de las coordenadas mundiales de GPS. La información medida por el aparato también puede relacionarse y unirse con la ubicación del brazo de alineación a través del GPS. La ubicación del brazo de alineación en el caño también puede monitorearse a través de las coordenadas del GPS de este lugar.

Aplicación en la industria

El aparato y el método relacionado con el invento pueden emplearse en distintas aplicaciones en las que se deban medir y distinguir la corrosión y/o los defectos exteriores y/o interiores de la superficie. En particular, en otro aspecto, el presente invento se refiere al uso del sistema de escaneo de la corrosión y del sistema de detección de defectos de superficie para determinar y distinguir la corrosión en un área de la superficie interna y/o externa de un objeto designado para su análisis. En otra representación elegida, el invento se refiere al uso del sistema de escaneo de la corrosión y al método para determinar la vida útil de un objeto para su uso seguro. En particular, dicho objeto puede haber sido seleccionado del grupo que incluye puentes de autopistas, cañerías, ferrocarriles, motores de vehículos, aeronaves, barcos, grúas, reactores, tanques, contenedores, chimeneas, intercambiadores de calor, torres de destilación, envases de presión de gas y líquido, soportes para plataformas off-shore, camiones o similares. En un caso especialmente elegido, este objeto incluye una cañería de líquido de transmisión.

Este aparato de escaneo de la corrosión provee muchas ventajas en comparación con sistemas y aparatos actualmente conocidos en el rubro.

El invento presenta un método - como se indica más arriba - que permite identificar, escanear y analizar el foco de las áreas de menor pérdida de metal en el defecto.

En los lineamientos generales de las cañerías se recomiendan las medidas para protegerlas de la corrosión. Estas incluyen, por ejemplo, la aplicación de capas protectoras internas y/o externas. El aparato de escaneo de la corrosión de acuerdo al presente invento, permite detectar el grosor de las capas y las modificaciones sufridas a lo largo del tiempo, y realiza una evaluación de las mismas, en comparación con la propagación de la pérdida de metal de los defectos de corrosión.

Además, en una cañería, las presiones dinámicas pueden aumentar los defectos. Según este invento, el aparato para el escaneo de la corrosión permite el archivo y medición en coordenadas 3D de las grietas internas y externas y de la propagación de grietas en la cal.

Por otra parte, las cañerías pueden sufrir de flexión lateral. Los casos más frecuentes incluyen: a) flexión local (pared del caño) a causa de una presión externa, compresión axial, curvaturas y torsiones, o una combinación de estas cargas, b) flexión lateral de propagación a causa de una presión externa, seguida de formación de curvas focales o daño localizado, y c) flexión lateral global debido a fuerzas de compresión axial originadas en temperaturas y presiones operativas elevadas.

Otra posible causa de daño a la cañería es el daño accidental causado por una fuerza externa, por ejemplo, alguien cavando o golpeando en la cañería. La falla en la misma puede ocurrir meses, o incluso años después del hecho. Es de vital importancia determinar el impacto de estos defectos. El aparato de escaneo de la corrosión de acuerdo con el presente invento, permite medir en coordenadas 3D la profundidad, longitud y volumen de los impactos exteriores e interiores, midiendo con exactitud los diferentes radios alrededor de la zona del impacto, para mejorar la posterior evaluación de las reparaciones necesarias en las instalaciones en función de diferentes algoritmos matemáticos nuevos o existentes para calcular el resto de vida útil. La técnica del cilindro de mejor ajuste o del cilindro de mejor ajuste flotante, permite definir el radio antes y después del impacto, tanto en el interior como en el exterior de las áreas impactadas. El método algorítmico del cilindro de mejor ajuste indica además la falta de redondez en el diámetro del caño, tanto en su interior como en su exterior. En caso de impactos que involucren pérdida de metal, la misma se medirá en diferentes rangos de profundidad y volumen, de acuerdo a los rangos de profundidad seleccionados. Los defectos pueden archivararse en forma completa en formato digital 10,2D ó 30.

Para determinar la probabilidad de falla de una cañería por la totalidad de su vida útil, deben identificarse todos los modos posibles de fallas (ejemplo cargas), y analizarse aquellas verosímiles. Las principales fallas verosímiles para cañerías costa adentro o afuera, incluyen la interferencia externa y la corrosión (externa y/o interna). Para algunas cañerías, las fallas pueden incluir fatiga, por ejemplo de defectos en las costuras de las soldaduras debido a amplias variaciones en la presión cíclica; inestabilidad flexional, por ejemplo flexión lateral ocasionada por tensión térmica o movimiento del lecho marino; o defectos en las dimensiones de la soldadura, por ejemplo debido a la presión, la carga externa o fatiga por las presiones cíclicas. El análisis de probabilidades de estos modos de fallas, es decir, la aplicación del diseño del límite de vida útil, generalmente se ve restringido por la escasez de información adecuada, por

ejemplo, la distribución de los defectos, los índices de corrosión, etc., que fuerzan a tomar presunciones conservadoras, generando en c conservadores. En particular, las distribuciones de los defectos son necesarias para el cálculo de probabilidades de fallas. Sin embargo, muchos de los sistemas conocidos no llevan registro de los defectos en las cañerías, y esas bases de datos sólo disponen del registro de las fallas, es decir, de los incidentes que resultaron en la pérdida de producto. Esto dificulta cualquier enfoque de probabilidades (diseño del estado del límite o análisis del riesgo), ya que la probabilidad de falla se encuentra influenciada por la población total de defectos. En contraposición, el sistema de escaneo de la corrosión permite el registro de la información escaneada sobre corrosión y a su vez permite crear una base de datos que contenga dicha información. Una ventaja es que esta información y su base de datos pueden utilizarse para preparar un diagrama de predicción para determinar la vida útil para el uso seguro de una cañería.

La exactitud de medición interna y externa en 3D del aparato de escaneo de la corrosión según el presente invento, puede ser de gran ayuda para definir resultados más precisos en el modo de determinar la vida útil para el uso de una cañería. La falta de exactitud en la medición de los defectos de corrosión y su propagación puede resultar en sobreestimar la gravedad futura de un mayor número de defectos o en subestimar la gravedad de un menor número de defectos. En el primer caso, la sobreestimación es conservadora, pero puede llegar a ser conservadora en exceso, desperdiciándose recursos para realizar reparaciones innecesarias. En el segundo caso, la subestimación de la gravedad puede llevar al operador a tener un falso sentido de la seguridad, conduciendo a una potencial falla en la cañería.

Este sistema de escaneo de la corrosión brinda una elevada precisión en la medición en 3D de la corrosión interna y externa de una cañería, con un programa adecuado para manejar todas las posibles metodologías y aproximaciones matemáticas para el cálculo del diseño del estado del límite de vida total y de la vida útil, junto con un exacto archivo digital 3D que brinda nuevas posibilidades para la medición eficiente de la distribución y propagación de la corrosión, con sólo deslizar la nueva información escaneada sobre la información histórica, y filtrando con el programa adecuado las modificaciones y propagaciones de defectos.

Queda entendido que la información y la base de datos pueden emplearse además para preparar un diagrama de predicciones para determinar la vida útil para el uso seguro de múltiples objetos, incluidos pero no limitado a puentes de autopistas, cañerías, ferrocarriles, vehículos a motor, aeronaves, embarcaciones, grúas, reactores, tanques, contenedores, chimeneas, intercambiadores de calor, torres de destilación, envases de presión de gas y líquido, soportes para plataformas off-shore, camiones o similares.

Otra aplicación del presente sistema de escaneo de la corrosión incluye su uso en reproducciones. En estos días, una gran cantidad de defectos de corrosión se encuentran archivados en las reproducciones de goma y otros materiales. Este sistema de escaneo de la corrosión puede medir y archivar estas reproducciones en tres dimensiones.

El sistema de barrido de la corrosión existente también puede usarse para reproducir la información sobre las condiciones de la superficie obtenida (en 3D) de los defectos o la corrosión de otra parte de la tubería o de otra pieza. Con los datos en 3D del aparato y el software apropiado, existe la posibilidad de copiar la corrosión o el defecto y su pérdida de metal particular en otra parte de la tubería o en otra pieza para obtener así una simulación que nos permita realizar una prueba en otra pieza. Esto puede hacerse con máquinas de electroerosión fundidoras, máquinas abrillantadoras, prensas dobladoras o similares. Diversos tests, como los de rotura, permiten después comparar las pruebas, como la de presión de rotura restante o la de análisis de tensión, con los resultados y cifras previstos o calculados. El sistema de barrido de la corrosión existente permite, de este modo, comparar las pruebas calculadas o previstas con las pruebas efectivas, como la de presión de rotura, en, por ejemplo, tuberías, piezas de turbinas, tanques, cajas de “bombas” o construcciones.

El sistema de barrido de la corrosión existente también puede usarse como ejemplo didáctico o para aquellas investigaciones en las que las propuestas relativas a la forma y el tamaño del defecto superficial se realicen en una copia. El sistema de barrido de la corrosión existente puede realizarse en cualquier tipo de materiales, incluidos, sin reservas, el acero, la aleación de acero y hierro, el acero inoxidable, los plásticos, la madera, etc.

Mientras, en otro ejemplo seleccionado, el sistema de barrido de la corrosión existente y el software apropiado servirán para detectar grietas y realizar análisis de tensión.

En otro ejemplo, el sistema de barrido existente también el barrido del grosor multicapa en tres dimensiones. Para ello, es preferible usar instrumentos de medición ultrasónicos, ultrasónicos láser o de retrodispersión.

El método y aparato existentes también pueden aplicarse al negocio de la construcción de tuberías. Al proporcionar un orden de montaje de las tuberías óptimo, en este sector resulta una buena herramienta para facilitar el ensamblaje. A partir de los datos del barrido de los extremos de la tubería, se podrá crear automáticamente un cilindro de mejor ajuste. Se trata de un cilindro matemático (radio = constante) con el mayor radio de inscripción posible (cada punto se encuentra fuera del cilindro ajustado o tiene un error positivo en comparación con el cilindro ajustado). La comparación entre el primitivo ajustado y los datos del barrido puede leerse en la tabla resultante; tras la comparación se determinarán además los errores superficiales. Con la tabla comparativa puede realizarse un procedimiento para crear una lista donde se especifique el orden de tuberías con “mejor ajuste”. Se tendrán en cuenta tres parámetros: a) el radio del cilindro con mejor ajuste, b) la desviación media del cilindro y c) la desviación típica del cilindro (StdDev). Este procedimiento permite obtener el mejor montaje posible: por ejemplo, Tubo 1 lado 2, Tubo x1 lado y1, Tubo x2 lado y2, Tubo x3 lado y3.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de escaneo de la corrosión para determinar y distinguir la corrosión en un área de la superficie de un objeto determinado para su análisis, incluyendo:

- un láser (6) adecuado para emitir luz láser y detectar luz láser reflejada en el área de una superficie con el objeto de evaluar la condición de la misma.
- Un primer medio de lectura por computadora (7) conectada al láser (6) para el control del mismo, donde el primer medio de lectura por computadora (7) pueda recibir y procesar la información sobre las condiciones de la superficie obtenidas por medio del láser (6)
- Un instrumento de medición ultrasónico capaz de transmitir señales acústicas y de detectar señales acústicas reflejadas desde un área de una superficie con el objeto de evaluar la condición de la misma.
- Un segundo medio de lectura por computadora conectado al instrumento de medición ultrasónico donde el segundo medio de lectura por computadora pueda recibir y procesar la información sobre las condiciones de la superficie obtenidas por medio del instrumento de medición ultrasónico.
- Un brazo de alineación capaz de alinear y mover por lo menos un instrumento conectado en forma removible al mismo en tres dimensiones; y donde ese instrumento sea por lo menos un láser y que dicho láser se monte en forma removible al brazo de alineación, a distinción del instrumento de medición ultrasónico, que también se monte en forma removible al brazo de alineación, y que tanto el primer como el segundo medio de lectura por computadora se conecten al brazo de alineación.

2. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a la declaración 1, donde dicho brazo de alineación, capaz de alinear y mover por lo menos un instrumento conectado en forma removible al mismo en tres dimensiones sobre el área definida para el análisis, incluye una base (2) adecuada para colocar el brazo en un elemento de montaje (5), un primer soporte (3) que se conecta a la base mediante giros (2), un segundo soporte (4) conectado mediante giros al primer soporte (3) y adecuado para tener por lo menos un instrumento montado sobre el mismo mediante giros y removible.

3. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a la declaración 1 ó 2, donde dicha base (2) de dicho brazo de alineación esté ubicada en un elemento de montaje (5) como la parte superior de una mesa, un riel deslizante (10), un trípode, un bloque magnético, una leva o similar.

4. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a la declaración 1, 2 ó 3, donde el primer medio de lectura por computadora (7) sea adecuado para recibir y procesar la la información sobre las condiciones de la superficie obtenidas por medio del láser (6) a través del empleo de un método algorítmico de mejor ajuste.

5. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 4, donde el primer medio de lectura por computadora (7) sea adecuado para recibir y procesar la la información sobre las condiciones de la superficie obtenidas por medio del láser (6) a través del empleo de un método algorítmico de plano de mejor ajuste flotante.

6. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 5, donde el láser (6) incluya una fuente de luz láser adecuada para emitir luz láser a través de un área de la superficie de un material determinado para el análisis del escaneo de la corrosión, para proyectar la luz láser a través del área de la superficie, y un detector de luz láser adecuado para detectar la luz láser reflejada desde el área de la superficie del material y capaz de generar información sobre las condiciones de la superficie.

7. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 6, por el cual el láser y el instrumento de medición ultrasónicos sean ambos montados mediante giros al segundo soporte del brazo de alineación.

8. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 7, donde el segundo medio de lectura a través de computadora sea diferente del primero, y por el cual el primero (7) y el segundo medio de lectura a través de computadora sean capaces de funcionar interconectados, y donde el primer medio de lectura a través de computadora (7) y el segundo contengan dos computadoras diferentes con un procesador común, o una sola computadora con dos procesadores diferentes.

9. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 8, donde el primer y el segundo medio de lectura por computadora contengan un dispositivo de salida de la información seleccionado del grupo que incluya un display electrónico, una impresora, un equipo de ploteo o una combinación de los mismos.

10. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 9, donde dicho sistema además contenga instrumentos de medición adicionales, que se conecten al segundo soporte (4) del brazo de alineación en forma removible.

ES 2 305 730 T3

11. Un sistema de escaneo de la corrosión de acuerdo a cualquier de las declaraciones 1 a 10, que incluya además un sistema de refrigeración que pueda conectarse a un instrumento de medición en dicho brazo de alineación y sea capaz de controlar la temperatura de dicho instrumento de medición.

5 12. Método para utilizar el sistema de escaneo de la corrosión de la declaración 1, para determinar la vida útil para el uso seguro de una cañería (13) siguiendo los siguientes pasos:

a) definir un área para el análisis de la corrosión de superficie en la cañería (13):

10 b) brindar un sistema de escaneo de la corrosión para escanear el área definida de la cañería (13)

c) localizar y medir la corrosión en la superficie del área definida a través del sistema de escaneo de la corrosión, para localizar y medir una pluralidad de espacios corroídos en dicha superficie

15 d) determinar el espesor de la pared de la cañería en el área definida a través del sistema de escaneo de la corrosión.

20 Distinguiendo que el método además incluya el paso de determinar la vida útil para el uso seguro de la cañería, procesando la información de las condiciones de la superficie del área definida obtenida en los pasos c) y d) en lo referente a corrosión.

25 13. Un método de acuerdo a la declaración 12, donde los pasos c) y d) incluyan el paso del sistema de escaneo de la corrosión en tres dimensiones sobre la superficie del área definida, por el cual cada medición de este sistema brinde información sobre las condiciones de la superficie en coordenadas X, Y y Z.

14. Un método de acuerdo a la declaración 12 ó 13, donde los pasos c) y d) incluyan el paso del sistema de escaneo de la corrosión en tres dimensiones sobre la superficie del área definida, por el cual para cada medición de este sistema, la información sobre las condiciones de la superficie en coordenadas X, Y y Z sean variables.

30 15. Un método de acuerdo a cualquier de las declaraciones 12 a 14, donde se localicen huecos de corrosión adyacentes, se los extienda y se los interprete como áreas susceptibles de ser corroídas.

35 16. Un método de acuerdo a cualquier de las declaraciones 12 a 15, donde el área definida para análisis de la corrosión de la superficie en la cañería (13) incluya caños derechos y curvos y, de preferencias, zonas con soldaduras.

40

45

50

55

60

65

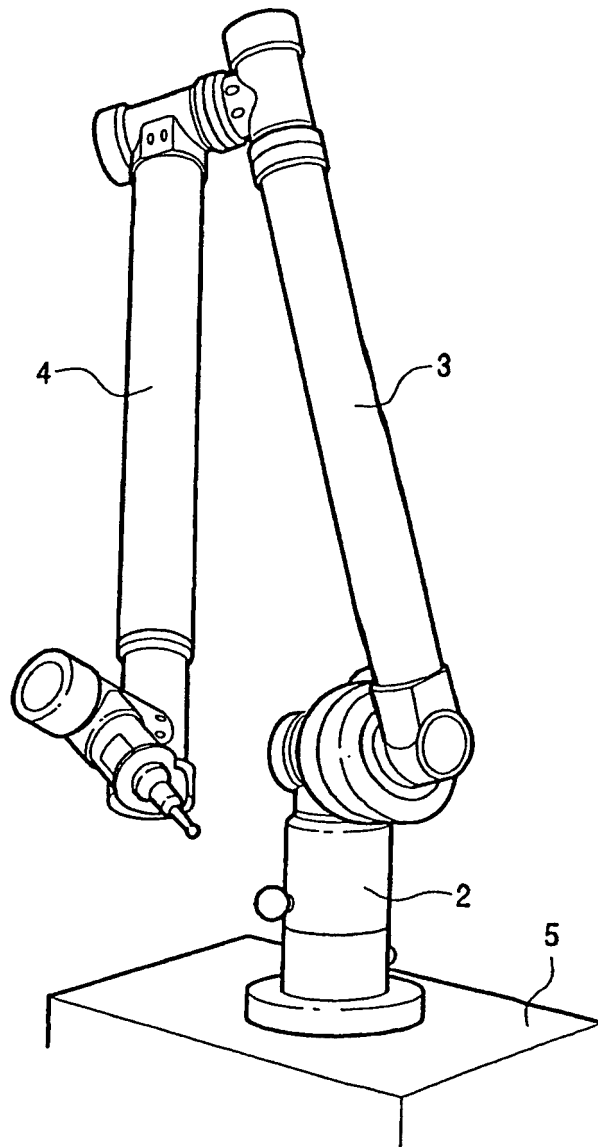


FIG. 1

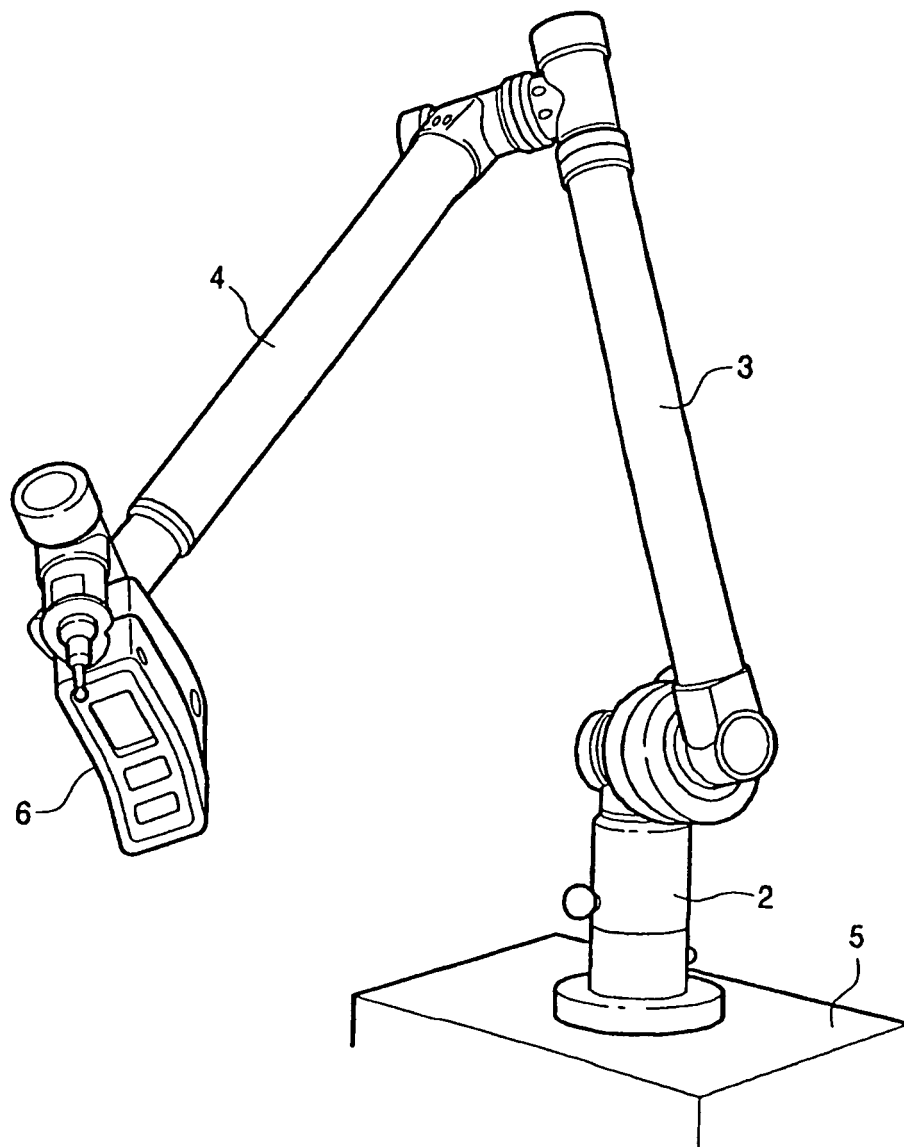


FIG. 2

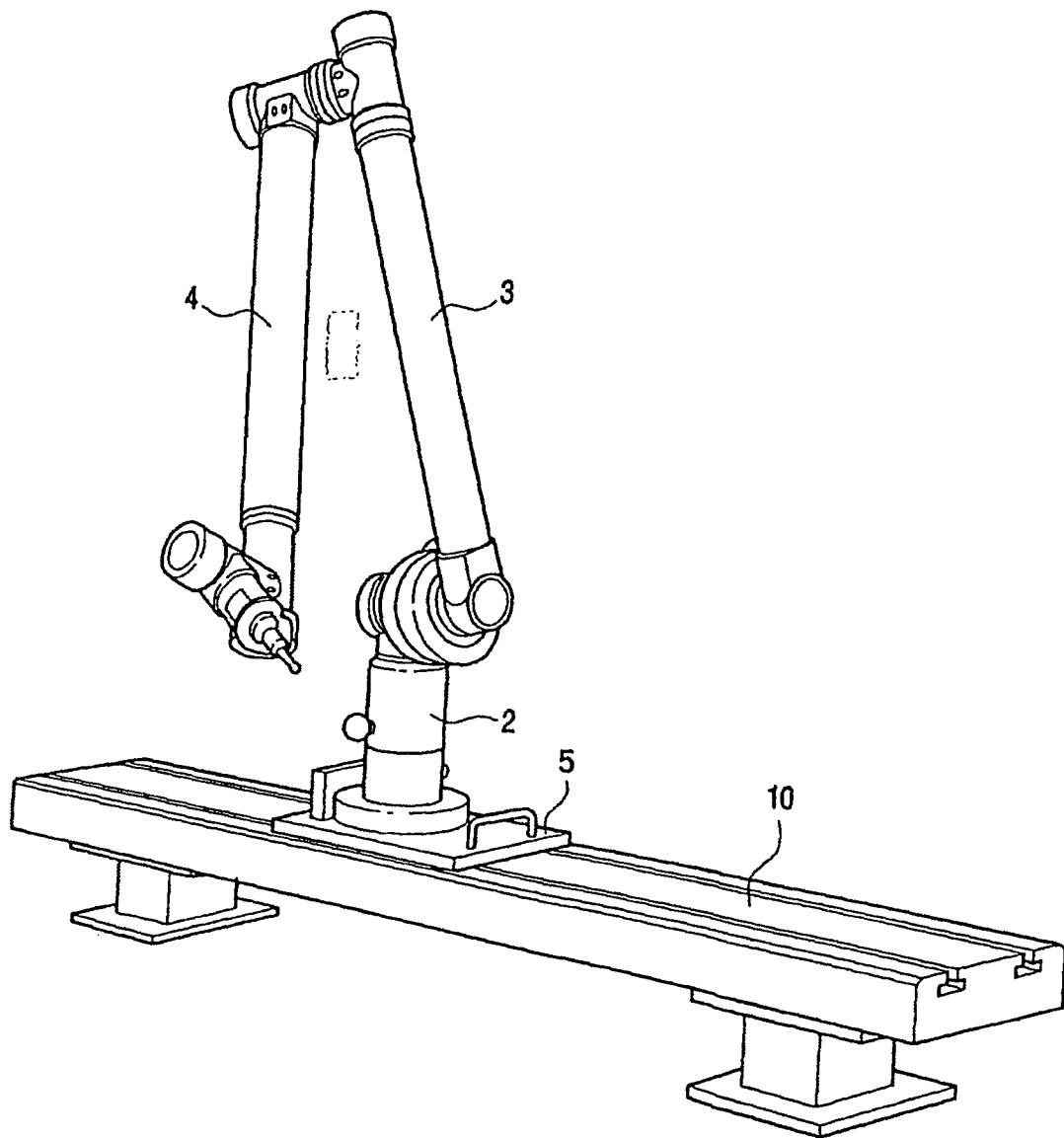


FIG. 3

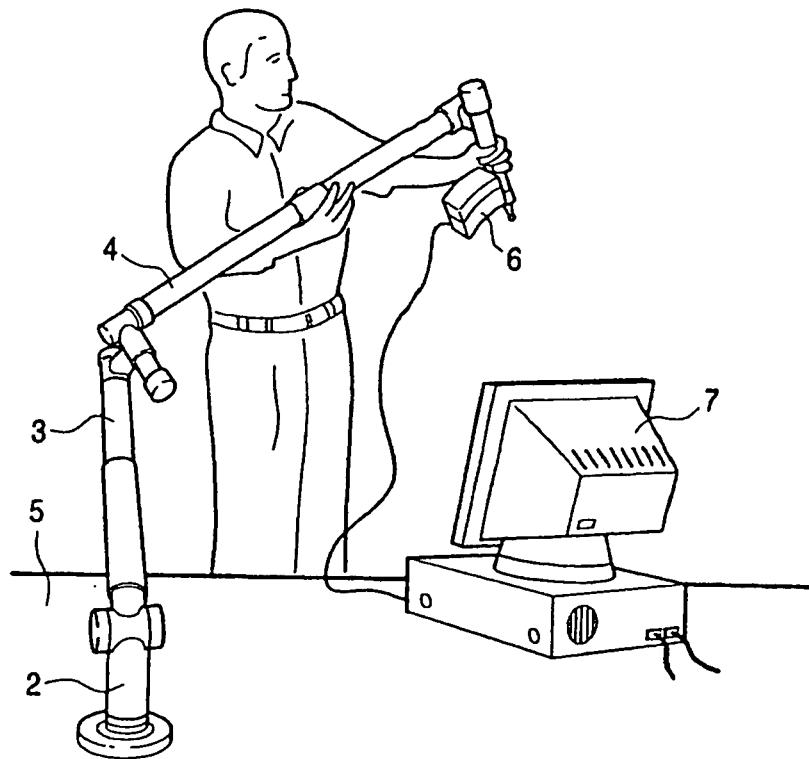


FIG. 4

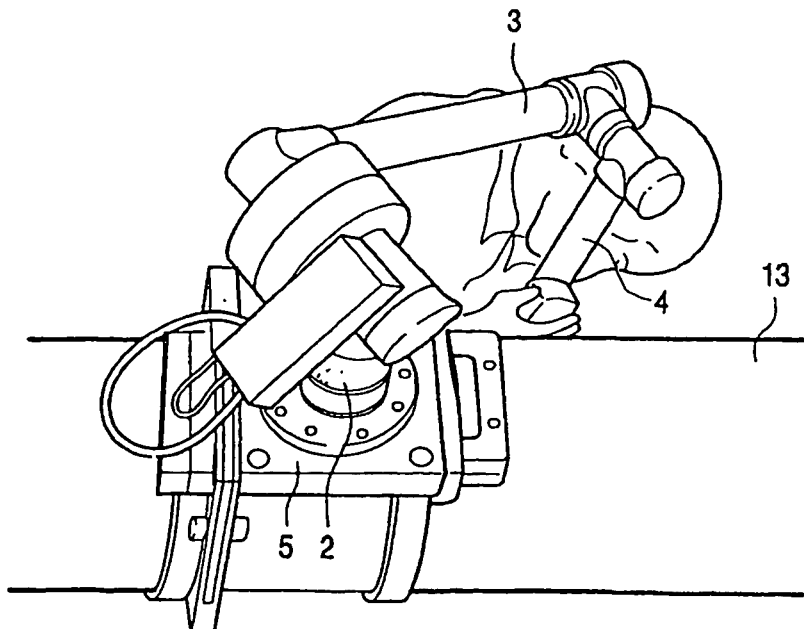


FIG. 5

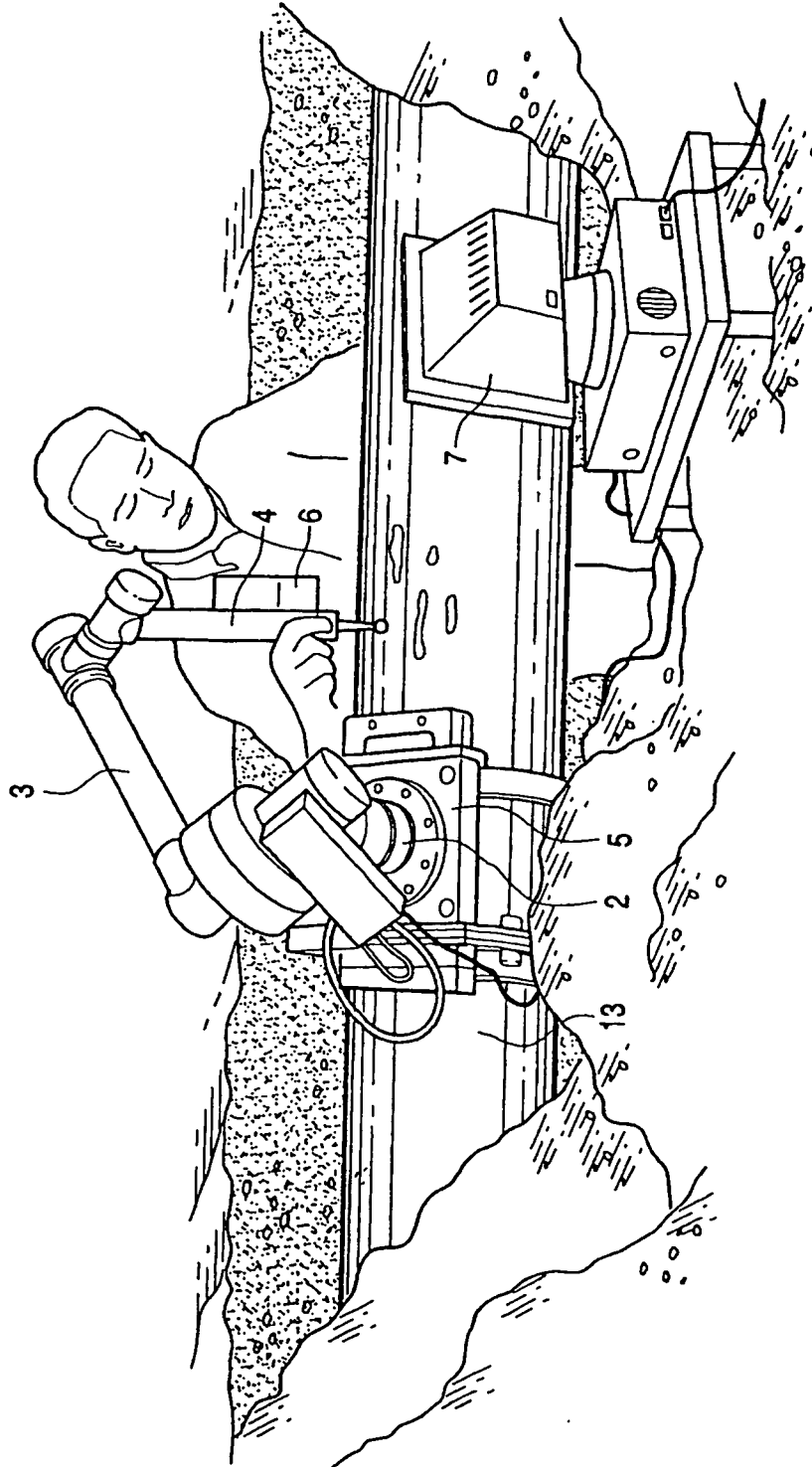


FIG. 6

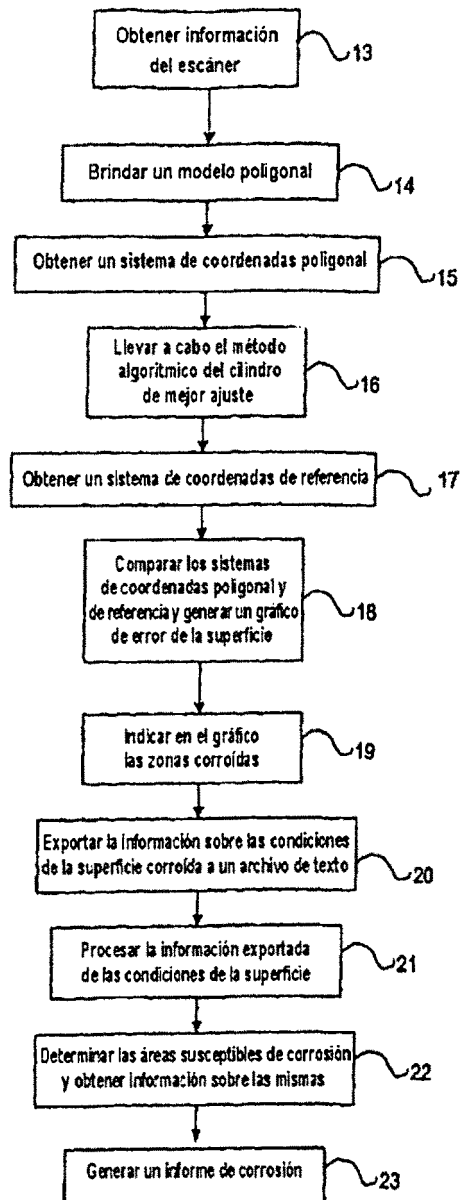


Fig.7

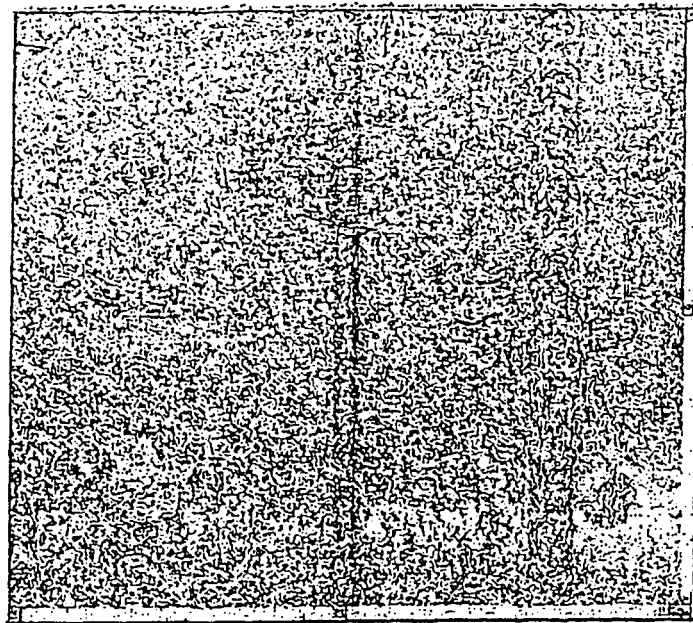


Fig. 8

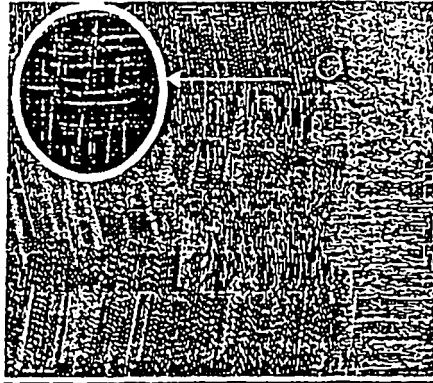


FIG. 9A

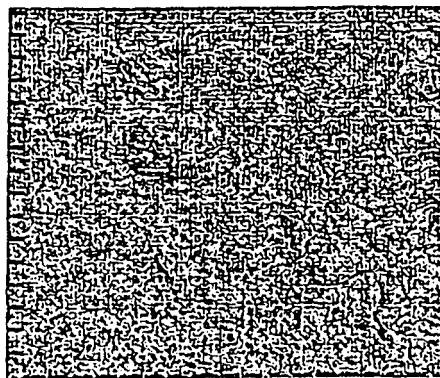


FIG. 9B

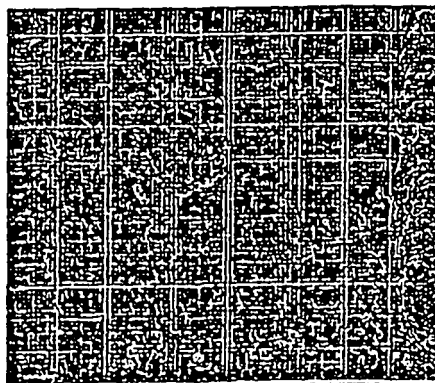


FIG. 9C

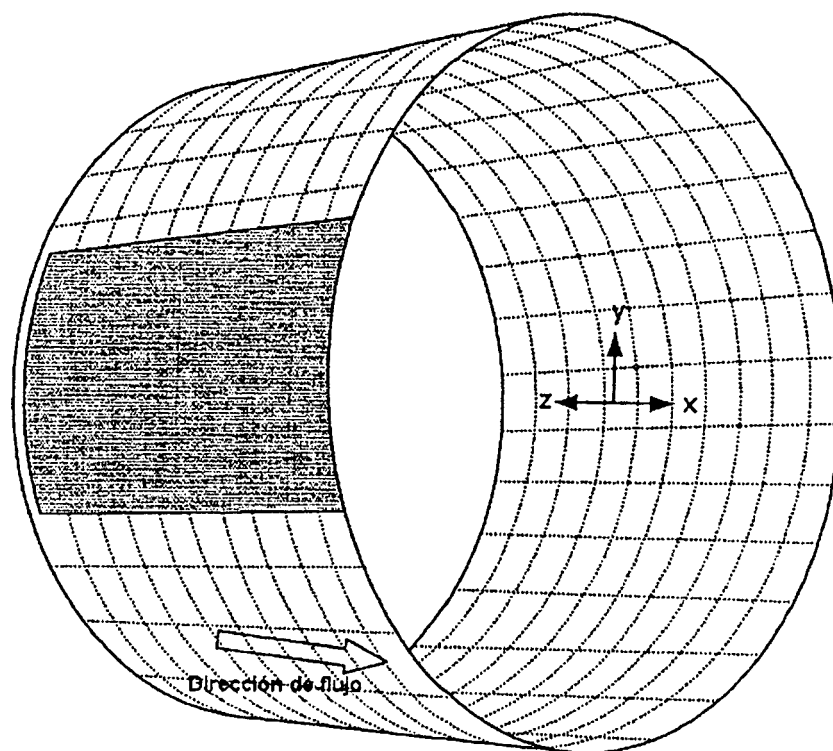
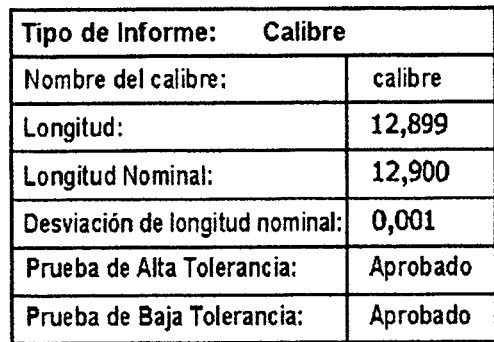


FIG. 10



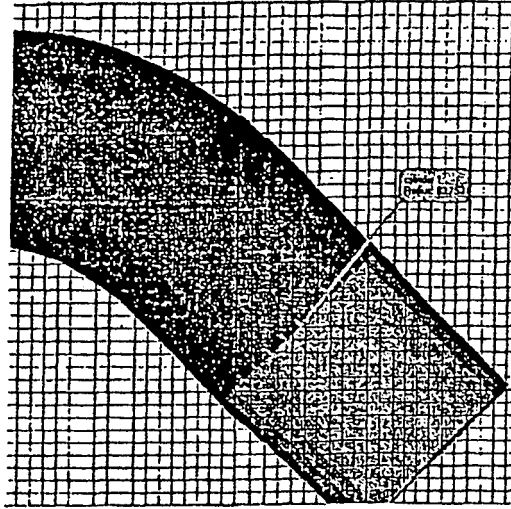


Fig. 12

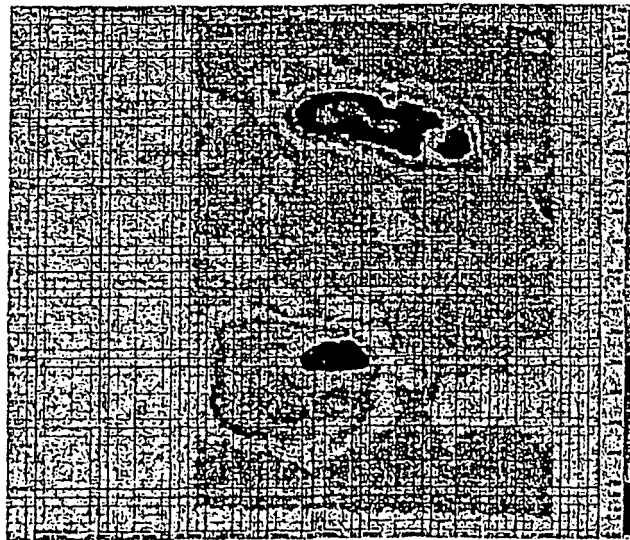


Fig. 13

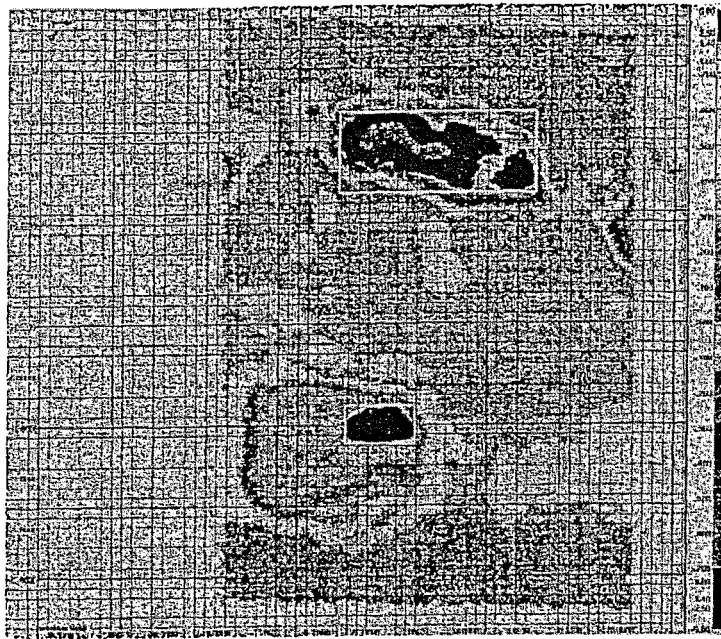


Fig. 14