



PATENTE DE INVENCION

303704

303704

MEMORIA DESCRIPTIVA

Sobre:

"INSTRUMENTO NO DESTRUCTIVO DE MEDICION DE ESPESORES"

Solicitante: CONTINENTAL OIL COMPANY, Entidad norteamericana, con domicilio en PONCA CITY, OKLAHOMA - (U.S.A.).-

Inventor: D. Al-G Barnes, de nacionalidad norteamericana.-

Esta memoria refiere, en general, las mejoras conseguidas en dispositivos de medida, y más particularmente, aunque no a modo de limitación, las mejoras logradas en los instrumentos no destructivos para medir el espesor de un objeto.



303704

- Es normal en la técnica de medidas proporcionar instrumentos para medir el espesor de un material del que sólo es accesible una superficie. Condición ésta que aparece al intentar medir el espesor de una pared de un tubo, de tanques de almacenamiento, de cascos de buques, y de otros elementos semejantes. Entre los métodos ideados desde hace tiempo para la medición de espesores en estas condiciones, los más efectivos han utilizado técnicas ultrasónicas para la inspección y la valoración no destructiva de los materiales.
5. Se han propuesto hasta la fecha dos métodos ultrasónicos básicamente diferentes, a saber, el sistema resonante que, teóricamente al menos, mide la frecuencia fundamental o armónica de esta parte del espesor, y el sistema no resonante que aprovecha el empleo de la marcación de ecos del impulso ultrasónico. Ambos sistemas ultrasónicos, tal como se han empleado hasta ahora presentan limitaciones que han impedido la generalización de su empleo. Un ejemplo específico de tales limitaciones son los errores causados por las diferencias de acoplamiento entre la sonda o transductor y el objeto a medir. Estos errores son particularmente pronunciados cuando se usa un transductor, conocido técnicamente como "sonda de burbuja". Una "sonda de burbuja" normal consta de un transductor que está acoplado al objeto a medir por medio de una columna adecuada de agua.
10. Los sistemas ultrasónicos de ensayo disponibles actualmente y que son suficientemente seguros para satisfacer las exigencias de la industria, no son transportables fácilmente, ya que son demasiado pesados y embarazosos para moverlos con comodidad. Esto constituye a menudo un problema importante puesto que frecuentemente el dispositivo debe utilizarse en habitaciones de tamaño algo reducido donde es relativamente difícil para el operador del dispositivo colocar
15. Los sistemas ultrasónicos de ensayo disponibles actualmente y que son suficientemente seguros para satisfacer las exigencias de la industria, no son transportables fácilmente, ya que son demasiado pesados y embarazosos para moverlos con comodidad. Esto constituye a menudo un problema importante puesto que frecuentemente el dispositivo debe utilizarse en habitaciones de tamaño algo reducido donde es relativamente difícil para el operador del dispositivo colocar
20. Los sistemas ultrasónicos de ensayo disponibles actualmente y que son suficientemente seguros para satisfacer las exigencias de la industria, no son transportables fácilmente, ya que son demasiado pesados y embarazosos para moverlos con comodidad. Esto constituye a menudo un problema importante puesto que frecuentemente el dispositivo debe utilizarse en habitaciones de tamaño algo reducido donde es relativamente difícil para el operador del dispositivo colocar
25. Los sistemas ultrasónicos de ensayo disponibles actualmente y que son suficientemente seguros para satisfacer las exigencias de la industria, no son transportables fácilmente, ya que son demasiado pesados y embarazosos para moverlos con comodidad. Esto constituye a menudo un problema importante puesto que frecuentemente el dispositivo debe utilizarse en habitaciones de tamaño algo reducido donde es relativamente difícil para el operador del dispositivo colocar
30. Los sistemas ultrasónicos de ensayo disponibles actualmente y que son suficientemente seguros para satisfacer las exigencias de la industria, no son transportables fácilmente, ya que son demasiado pesados y embarazosos para moverlos con comodidad. Esto constituye a menudo un problema importante puesto que frecuentemente el dispositivo debe utilizarse en habitaciones de tamaño algo reducido donde es relativamente difícil para el operador del dispositivo colocar



303704²

- lo en la posición adecuada. El equipo de tipo resonancia normalmente se puede obtener con características portables más apropiadas aunque está falto de precisión. El equipo que emplea el principio del eco de impulsos se puede también obtener comercialmente, pero está limitado por su tamaño y peso. Por ejemplo, en una refinería de petróleo varios depósitos y tuberías utilizados deben ser comprobados periódicamente para determinar el grado en que la corrosión y otros factores han afectado a la dimensión del espesor de sus paredes. Se lleva un registro de estas comprobaciones periódicas de las dimensiones de modo que pueda determinarse fácilmente la duración más apropiada con el fin de reemplazar en su momento un depósito o una tubería determinadas. Los instrumentos portátiles disponibles actualmente para la medida de espesores no son lo suficientemente precisos como para ofrecer seguridad fuera de relativamente pocos usos.
- 5.
- 10.
- 15.

- Es evidente que se necesita un instrumento portátil que mida de modo no destructivo la dimensión del espesor de un objeto con un grado de precisión suficiente para satisfacer las exigencias de la industria. Tal instrumento portátil habría de ser no solamente preciso sino que también debería ser capaz de indicar la dimensión del espesor de un objeto de modo que permitiera a un operador del dispositivo leer rápidamente la dimensión de modo contrario, por ejemplo, a una imagen de un tubo de rayos catódicos. Un método preferido de presentar la dimensión es la lectura directa en forma de resultado decimal continuo que proporcionaría un medio continuo de interpretación lo más rápido posible. En tal medidor no destructivo de espesores sería de gran importancia que pudiera obtenerse fácilmente una lectura directa. Tal equipo permitiría realizar las
- 20.
- 25.
- 30.



303704

- medidas de tuberías de acero calientes mejor que en minutos, en cuestión de segundos. El problema de los tiempos de medida largos con tuberías calientes se agudiza especialmente cuando las tuberías calientes se están midiendo con una "sonda de burbuja". Una gran cantidad de vapor se desprende de la columna de agua empleada en la sonda haciendo la medición incómoda para el operador del equipo. A veces este problema casi impide hacer las lecturas y en las mejores circunstancias tiende a producir lecturas erróneas. Esto
5. facilitaría al operador, si así lo desea, la obtención rápida de una multiplicidad de comprobaciones al objeto de verificar una lectura inicial o para reunir un grupo de lecturas que le permitan obtener un valor medio. También, sería deseable que el instrumento no emplease radiación atómica
10. para la operación de inspección como sucedía en muchos dispositivos anteriores, con lo que se evitaría que ello pudiera ocasionar algún riesgo al operador. Es también deseable que el instrumento sea capaz de medir el espesor de un objeto bajo algunas condiciones esenciales, y en particular
15. que pudiera medir el espesor de la pared de un tubo lleno de líquido.
- 20.

El presente invento estudia un dispositivo no destructivo mejorado para medir el espesor de un material y para la eliminación sustancial de los errores causados por los cambios del acoplamiento entre una sonda y el material inspeccionado. Los errores introducidos por los cambios de la distancia de acoplamiento de la sonda o transductor se excluyen en la determinación de la dimensión del espesor de un material.

25.

El presente invento propone un nuevo dispositivo medidor de espesores que utiliza impulsos ultrasónicos transmitidos y reflejados a través de la muestra que se ha de

30.



303704²

- inspeccionar. Se coloca un transductor en contacto directamente con la superficie de la muestra o se acopla a la muestra, a través de una columna de líquido para transmitir los impulsos ultrasónicos dentro y a través de la muestra y para recibir los impulsos ultrasónicos reflejados por el lado opuesto de la muestra. Los impulsos ultrasónicos reflejados se utilizan por medio de un circuito de control para controlar la operación de un dispositivo desconectador que a su vez controla el tiempo de trabajo de un contador digital, de modo que el contador indicará el tiempo en que un impulso ultrasónico viaja a través de la muestra y por tanto indicará el espesor de la muestra. El contador digital está accionado por un generador de frecuencia variable, con lo que se puede ajustar la frecuencia de recuento del contador a la velocidad de los impulsos ultrasónicos a través del material de la muestra inspeccionada, de modo que el contador puede dar directamente la lectura en pulgadas para mayor facilidad del operador.

- Tan pronto como se pueda colocar el transductor en contacto directo con la muestra inspeccionada, el circuito de control puede estar construido para abrir el dispositivo desconectador del contador solamente entre el segundo y el tercer impulso del circuito de salida del transductor. Este periodo de tiempo corresponderá al doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través de la muestra, y esta operación elimina el efecto del impulso transmitido dentro de la muestra por el transductor, con lo que se conseguirá una indicación precisa del espesor de la muestra.

- Cuando el transductor está acoplado a la muestra a través de una columna de líquido, que será el caso normal inspeccionando depósitos y tubos calientes, el circuito de control puede estar construido para eliminar no solamente



317742

el efecto del impulso transmitido por el transductor al interior de la muestra, sino también para eliminar el efecto del impulso reflejado en la superficie expuesta de la muestra y abrir el dispositivo desconectador del contador

5. solamente durante el lapso de tiempo entre los impulsos ultrasónicos reflejados que han pasado a través de la muestra, por lo que el contador indicará el doble del tiempo de viaje del impulso ultrasónico a través de la muestra.

10. En una modificación incorporada, que es provechosa cuando el transductor está acoplado a la muestra a través de una columna de líquido, se puede utilizar, si se desea, un segundo circuito de control para bloquear las señales que alimentan a un receptor conectado al transductor durante la transmisión del impulso por el transductor a través de la muestra y durante un periodo posterior de tiempo, con objeto de eliminar los efectos del impulso ultrasónico transmitido y la reflexión del impulso ultrasónico por la superficie opuesta de la muestra a través de la columna líquida.

20. En consecuencia, el objeto de este invento es proporcionar un dispositivo no destructivo perfeccionado de medida de espesores que sea portátil y que tenga la suficiente precisión para satisfacer las exigencias de la industria.

25. Un objeto de este invento es proporcionar un nuevo dispositivo no destructivo de medida de espesores que suministre un resultado decimal continuo.

30. Un objeto de este invento es proporcionar un nuevo dispositivo no destructivo de medida de espesores que utilice los impulsos reflejados de un impulso transmitido dentro de una muestra de prueba para determinar la dimensión del espesor de la muestra.



333704

- Otro objeto de este invento es proporcionar un nuevo dispositivo no destructivo de medida de espesores que excluya los errores causados en la determinación de la dimensión del espesor por los cambios de acoplamiento entre un transductor y la muestra.
5. Aún otro objeto de este invento es proporcionar un nuevo dispositivo no destructivo de medida de espesores que indique directamente en pulgadas la dimensión del espesor de una muestra de prueba.
10. Otro objeto de este invento es proporcionar un dispositivo portátil no destructivo de medida de espesores que indique rápida y precisamente en forma de lectura directa la dimensión del espesor de una muestra de prueba:
15. Otro objeto de este invento es proporcionar un nuevo dispositivo no destructivo de medida de espesores que no presente riesgos para el operador.
- Aún otro objeto de este invento es proporcionar un dispositivo de medida de espesores perfeccionado que indique rápidamente y con claridad la dimensión del espesor de una muestra facilitando cómodamente una multiplicidad de lecturas en un corto espacio de tiempo.
20. Aún un ulterior objeto del invento es proporcionar un nuevo dispositivo de medida de espesores que posea elevada sensibilidad a las pequeñas variaciones de la dimensión del espesor de una muestra.
25. Todavía otro objeto de este invento es proporcionar un dispositivo de medida de espesores que indique con precisión la dimensión del espesor de una muestra en condiciones adversas.
30. Y otro objeto de este invento es proporcionar un dispositivo no destructivo perfeccionado para la medida de espesores que pueda emplearse también para localizar defectos u otras imperfecciones en una muestra.



302704
Otros objetos y ventajas del invento se harán evidentes en la siguiente descripción detallada, leyéndola juntamente con los dibujos que la acompañan, para ilustrar el invento.

5. En el dibujo:

La fig. 1 es un diagrama bloque del montaje adoptado por el invento cuando se puede colocar el transductor en contacto directo con la muestra que se debe medir.

10. La fig. 2 muestra las formas de onda de las señales producidas en el circuito de la figura 1. Las letras empleadas para designar las diversas formas de onda son las mismas empleadas para indicar la parte del circuito de la figura 1 en que aparecen estas ondas.

15. La fig. 3 es un diagrama bloque del montaje adoptado por el invento cuando el transductor está acoplado a la muestra a través de una columna de líquido.

20. La fig. 4 es una ilustración de las formas de onda de las señales que se producen en el circuito de la figura 3. De nuevo aquí las letras empleadas para designar las diversas formas de onda son las mismas empleadas para indicar las partes del circuito de la figura 3 en que aparecen dichas ondas.

25. La fig. 5 es un diagrama bloque de una modificación incorporada a este invento cuando el transductor se acopla a la muestra a través de una columna líquida.

30. La fig. 6 es una muestra de las formas de onda de las señales que se producen en el circuito de la figura 5. Las letras que se emplean para designar las diversas formas de onda son empleadas para indicar las partes del circuito de la figura 5 en que aparecen dichas ondas.

Respecto a los dibujos en detalle, y en particular para la figura 1, el símbolo de referencia 10 generalmente indica el montaje adoptado por el dispositivo medidor de



303704

- espesores para una gran cantidad de operaciones de inspección que se acometen en este campo. El dispositivo está controlado por un generador de control u oscilador 12 que produce impulsos a intervalos espaciados de tiempo de relativamente corta duración para proporcionar una serie de medidas en cada operación de inspección con objeto de mejorar la precisión del dispositivo, como se verá más adelante. Un generador de impulsos 14 está conectado a y excitado por el generador de control 12 a fin de producir un impulso eléctrico para accionar el transductor 16. El impulso producido por el generador 14 es, al mismo tiempo, de amplitud y duración suficientes para excitar o accionar al transductor 16, pudiendo ser, por ejemplo, un impulso de sesenta voltios con una duración de 0,2 microsegundos cuando la muestra 18 medida sea acero. El transductor 16 es de algún tipo adecuado para convertir un impulso eléctrico en un impulso ultrasónico y que responda a un impulso ultrasónico produciendo a su vez un impulso eléctrico, tal como el transductor Tipo ZS fabricado por Branson Instruments, Inc., de Stanford, Connecticut.

- En el montaje del invento designado con el símbolo de referencia 10 y mostrado en la figura 1, el transductor 16 está colocado en contacto directo con una superficie accesible 18a de una muestra 18 que se ha de medir. Un impulso ultrasónico producido por el transductor 16 pasará a través de la muestra 18 y será reflejado hacia el transductor por la cara opuesta 18b de la muestra. Una parte de este impulso ultrasónico reflejado atravesará la superficie expuesta 18a de la muestra y excitará al transductor 16. Sin embargo, otra parte de este impulso ultrasónico reflejado es reflejado de nuevo en la superficie 18a hacia la superficie opuesta 18b y allí es de nuevo reflejado hacia el transductor 16. Como antes, este último impulso refleja-



303704¹²⁵

do activará al transductor 16 y otra parte del impulso será reflejado de nuevo a través de la muestra 18. Este proceso se repite con una amplitud reducida en cada actuación del transductor, hasta que los impulsos reflejados no tengan la amplitud suficiente para excitar al transductor 16.

Como se indicó antes, cada vez que el transductor 16 es excitado por un impulso ultrasónico, el transductor produce un impulso eléctrico. En la figura 2 se muestran primero la forma de onda A del impulso eléctrico transmitido al transductor 16 y del impulso eléctrico producido por el transductor 16. Se observará que el primer impulso X representa el impulso transmitido por el generador de impulsos 14 para activar al transductor 16, y los impulsos siguientes V_1 , V_2 y V_3 representan los impulsos eléctricos producidos por el transductor 16 en respuesta a los impulsos ultrasónicos reflejados que se han transmitido a través de la muestra 18. También se puede observar que el intervalo de tiempo entre los impulsos reflejados, tales como V_1 y V_2 , representan el doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través de la muestra 18 entre las superficies 18a y 18b, observándose, de paso, que la muestra 18 no tiene ningún defecto interno que habría causado una reflexión de los impulsos ultrasónicos. Cuando el material de la muestra 18 es acero, y es de un espesor aproximado a una pulgada, el intervalo entre la llegada de los impulsos ultrasónicos reflejados, tal como el tiempo entre los impulsos V_1 y V_2 , es de unos cuatro microsegundos.

El generador de impulsos 14 así como el transductor 16 están conectados al receptor 20. Por lo que, la entrada al receptor 20 es de la forma de onda A mostrada en la figura 2 consistente en una serie de impulsos que repre



303704

5. sentan los tiempos de llegada del impulso transmitido y de los impulsos reflejados a través de la muestra 18. El receptor 20 es de un tipo tal que suministre una diferencia
10. ción de la señal de entrada, de modo que la salida del receptor sea de la forma de onda B mostrada en la figura 2. En esta forma de onda B, los picos negativos corresponden a los costados posteriores de las formas de onda de los impulsos X , V_1 , V_2 y V_3 y sirven para controlar la operación de un circuito multivibrador del tipo llamado "flip-flop" 22 a través de un desconectador "AND" 24 como se describirá.

15. Mantenemos en esta descripción la designación AND, internacionalmente admitida que está constituida por las iniciales de Army Navy Device, y mantenemos la designación "flip-flop" que es internacionalmente admitido para un determinado tipo de multivibrador de características especiales.

20. El circuito "flip-flop" 22 es de construcción típica con los terminales de salida normales "0" y "1", así como un terminal de entrada disparador, designado como T en el dibujo, y un terminal restaurador designado por R en el dibujo. Como es bien sabido en la técnica, el circuito "flip-flop" produce una señal positiva en el terminal "0" y ninguna señal en el terminal "1" cuando el "flip-flop" está puesto a cero o en condición "restaurada" y, la situación de los terminales de salida "0" y "1" se invierte cuando llega una señal negativa al terminal disparador del circuito. Por tanto, suponiendo que el desconectador "AND" 24 está abierto a la parte inicial de la forma de onda B, la
25. primera parte negativa que llega de onda de la forma B dispara al circuito "flip-flop" 22 que hace positiva la salida "1" del circuito y cero a la salida "0", siendo invertido
30.



303704

- el estado de estas salidas cada vez que el circuito es disparado por la llegada de una señal negativa. En estas condiciones, se muestra la salida "1" del circuito "flip-flop" 22 como la forma de onda C en la figura 2, y la salida "0" del circuito 22 adopta la forma de onda D.
5. La salida "1" del circuito "flip-flop" 22 está conectada primero a la entrada de disparo de otro circuito "flip-flop" 26 que se corresponde en todos sus aspectos al circuito "flip-flop" 22 descrito previamente. La
10. salida "1" del circuito "flip-flop" 22 está también conectada a un desconectador "AND" 28. También, la salida "1" del circuito "flip-flop" 26 está conectada al desconectador "AND" 28. Esta última salida toma las formas de onda E mostradas en la figura 2. El desconectador 28 requiere
15. tensiones positivas en sus entradas para proporcionar una señal de salida. Por tanto, las formas de onda C y E son aplicadas al desconectador "AND" 28 para obtener una salida de este bloque en la forma de onda F mostrada en la figura 2.
20. Un inversor adecuado 30 está conectado a la salida del desconectador "AND" 28 y al elemento de control del desconectador "AND" 24 para convertir la forma de onda F en la forma de onda G mostradas en la figura 2. Examinando la forma de onda G, se observará que el desconectador 24
25. estará abierto hasta la llegada del segundo impulso reflejado V_2 , de modo que el circuito "flip-flop" 22 es activado por los impulsos X, V_1 , V_2 con una forma de onda H mostrada en la figura 2 que corresponde a la forma de onda B repetida incluyendo el impulso reflejado V_2 .
30. Un contador digital, generalmente designado por el símbolo de referencia 32, recibe impulsos tipo señales de un generador de señal 34 a través de un desconectador "AND" 36 cuando está abierto el desconectador. El conta-



303704

5. dor 32 es preferible que sea en forma de al menos dos contadores de décadas 38 y 40, cada uno de los cuales tiene una entrada de cuentas indicada en el dibujo por la letra C y un terminal de puesta a cero indicado en el dibujo por la letra R. Los contadores de décadas 38 y 40 trabajan del modo usual de modo que cuando el contador 38 ha contado hasta 10, se transmite un impulso al contador de décadas 40 y el contador 38 empieza a contar de nuevo. También, es preferible obtener los dos contadores de décadas 38 y 40 con luces
10. indicadoras adecuadas para indicar el recuento total por simple lectura visual. Se han utilizado con éxito los contadores 20 MC de estado sólido tipo 5243L fabricados por Hewlett-Packard Co. de Palo Alto, California,

15. El desconectador 36 está controlado por la salida "0" del circuito "flip-flop" 22 y la salida "1" del circuito "flip-flop" 26 y, por tanto las formas de onda D y E mostradas en la figura 2 del dibujo. El desconectador 36 está cerrado hasta que ambas señales de control son positivas. Por tanto, una simple inspección de la figura 2 muestra que
20. el desconectador 36 está cerrado hasta la llegada del primer impulso reflejado V_1 y el desconectador permanece abierto solamente hasta la llegada del segundo impulso reflejado V_2 . Por tanto, las señales se transmiten desde el generador de señales 34 al contador 32 solamente durante el tiempo que
25. media entre los impulsos reflejados V_1 y V_2 que, como se indicó previamente, es el doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través de la muestra 18.

30. El generador de señales 34 produce un tren de onda de impulsos sucesivos que alimentan al contador 32 solamente cuando el desconectador 36 está abierto. Cada impulso producido por el generador de señales 34 produce una cuenta



303704

- digital en el contador 32. En otras palabras el contador 32 cuenta el número de impulsos producidos por el generador 34 cuando el desconectador 36 está abierto. La forma de onda I producida por el generador de señales 34 se muestra en la figura 2, y aquella porción de su tren de onda que pasa a través del desconectador 36 se muestra en la forma de onda J de la figura 2. Puesto que la velocidad de un impulso ultrasónico a través de un material particular inspeccionado es fija y conocida, se puede ajustar la frecuencia de salida del generador de señal 34 para obtener una lectura del contador 32 directamente en pulgadas. Por tanto, cuando la muestra 18 es acero, la frecuencia de salida del generador de señal 34 puede hacerse de 11,6 megaciclos para obtener una lectura directa del espesor de la muestra 18 en el contador 32 en centésimas de pulgada.

- La fórmula básica para determinar la frecuencia deseada del generador de señal 34 está dada por $v t = s$ donde v es la velocidad en pulgadas por segundo del impulso ultrasónico a través de la muestra, t es el tiempo de viaje en segundos del impulso ultrasónico a través del doble del espesor de la muestra y s es el doble del espesor de la muestra en pulgadas. Y, puesto que un ciclo de salida del generador 34 proporciona una cuenta en el contador 32, la frecuencia (f) del generador 34 es igual a un ciclo dividido por t .

- En una incorporación preferida la lectura viene en centésimas de pulgada, y como el recuento actual del tiempo es doble del tiempo de viaje de un impulso a través de la muestra, la fórmula anterior toma la forma: $t/2 = \frac{0,01}{v}$. Entonces, f (frecuencia del generador 34) = $\frac{v}{0,02}$.

En tanto que se use el dispositivo 10 para medir el espesor de diversos tipos de materiales, el generador



303704

de señal 34 debe de ser un generador de frecuencia variable, así la frecuencia de salida del generador de señal puede ajustarse de acuerdo con las fórmulas anteriores adaptando el dispositivo 10 a los distintos materiales.

5. Como se estableció anteriormente, el generador de control u oscilador 12, se utiliza para repetir automáticamente, varias veces una medida del espesor, durante cada inspección con objeto de mejorar la precisión del instrumento. El generador de control 12 no solamente está conectado al generador de impulso 14, sino también a las entradas restauradoras de ambos circuitos "flip-flop" 22 y 26 y de los contadores de décadas 38 y 40 para volver a cero simultáneamente estos circuitos e instrumentos con la excitación del generador de impulso 14. El intervalo de tiempo entre la producción de cada impulso por el generador de control 12 debe bastar al contador 32 para completar su esperado recuento con objeto de hacer una medida del espesor completa. Este intervalo de tiempo debe ser al menos igual a cuatro veces el tiempo de viaje esperado a través de la muestra 18 para un impulso y preferiblemente a intervalos sustancialmente más largos que aquél tiempo de viaje a fin de asegurar que en los contadores de décadas 38 y 40 se realiza un recuento completo durante cada operación de medida. En un montaje de este invento se ha empleado un generador de control con descargas o producción de impulsos cada quince milisegundos cuando el dispositivo se utilizaba para medir el espesor de una lámina de acero de un espesor aproximado a una pulgada. De este modo, los contadores de décadas 38 y 40 eran restaurados cada quince milisegundos pudiéndose obtener, por el ojo humano, una lectura continua de los indicadores luminosos de los contadores.

Resumiendo el dispositivo 10 se observará que a



303704

5. cada actuación del generador de impulsos 14, el transductor 15 transmite a través de la superficie 18a de una muestra 18 un impulso ultrasónico que se refleja hacia delante y hacia atrás en el interior de la muestra 18 entre las superficies 18a y 18b. Cada vez que un impulso ultrasónico reflejado alcanza la superficie 18a, una parte del impulso atraviesa esta superficie y excita al transductor 16 a transmitir a intervalos espaciados de tiempo una serie de impulsos al receptor 20. Los impulsos eléctricos que representan a los impulsos ultrasónicos reflejados están separados un tiempo igual al doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico entre las superficies 18a y 18b a través de la muestra 18.

15. El circuito de control comprendiendo los circuitos "flip-flop" 22 y 26, los desconectores 24 y 28 y el inversor 30 funcionan en respuesta a los impulsos eléctricos transmitidos a y por el transductor 16 para mantener el desconector 26 cerrado hasta que el primer impulso ultrasónico es reflejado a través de la muestra 18 y para cerrar de nuevo el desconector cuando llega el segundo impulso ultrasónico reflejado. El cierre y apertura del desconector 26 controla el periodo de tiempo durante el que se transmiten al contador 32 señales tipo impulsos por el generador de señales 34, de modo que el recuento realizado por el contador 32 corresponda al doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través del espesor de la muestra 18. Mediante una selección adecuada de la frecuencia de salida del generador de señales 34, el contador 32 se lee directamente en pulgadas. Cuando se pone en marcha el dispositivo 10, el generador de control 12 proporciona en rápida sucesión una multiplicidad de medidas sucesivas del espesor de la muestra 18, de modo que, para el ojo del operador del



303704

dispositivo, aparece continuamente una medida, aunque se están haciendo sucesivamente varias medidas para asegurar una determinación precisa del espesor de la muestra.

FIG. 3 VARIANTE

5. En muchos casos, tal como al inspeccionar tubos calientes, es siempre imprudente e indeseable colocar el transductor en contacto directo con la muestra que se ha de medir. En tales casos, es práctica común acoplar el transductor a la muestra a través de una columna líquida como muestra.
10. la figura 3. Como se ve, un tubo o tubería 42 de sección relativamente pequeña de tamaño adecuado para recibir por deslizamiento al transductor 16 se coloca en contacto con la superficie expuesta 44a de la muestra 44 que se ha de medir. La columna líquida 46 está formada por el tubo 42 lleno de agua o aceite a través de una conducción de relleno apropiada 48.
15. En la práctica, el agua o el aceite se derraman continuamente por la conducción 48 con el fin de mantener la columna 46 entre el transductor 16 y la muestra 44, ya que una porción del líquido tiende a gotear entre el final del tubo 42 y la superficie 44a de la muestra 44 durante la operación de medida.
20. Con esta disposición se ve claramente que cuando el transductor 16 produce un impulso ultrasónico, una parte del impulso será reflejada primero por la superficie 44a de atrás a adelante a través de la columna 46 produciendo un impulso respuesta del transductor 16 antes de que tengan lugar las deseadas respuestas por las reflexiones de los impulsos ultrasónicos en la superficie 44b de la muestra.

El dispositivo 50 mostrado en la figura 3 es particularmente adecuado para utilizarlo en operaciones de inspección cuando sea necesario o deseable acoplar el transductor 16 a la muestra 44 a través de una columna líquida 46. Este dispositivo utiliza un generador de impulsos 14 de la



303704

- misma forma que se describió previamente en el dispositivo 10 para activar el transductor 16 y crear el impulso ultrasónico que viaja hacia abajo a través de la columna líquida 46 hacia y a través de la muestra 44. Ambos, generador de impulsos 14 y transductor 16, están conectados a un receptor 52 que funciona como un amplificador de los impulsos eléctricos engendrados por el transductor 16 en respuesta a los impulsos ultrasónicos reflejados. La forma de onda producida por el receptor 52 está indicada con la letra K y se muestra en primer lugar en la figura 4. Se observará que el primer impulso X en la forma de onda K corresponde al impulso eléctrico transmitido por el generador de impulsos 14 al transductor 16 para producir el impulso ultrasónico. Algún tiempo después aparece en la forma de onda K un impulso Y que representa la reflexión de un impulso ultrasónico por la superficie expuesta 44a de la muestra 44 como se indicó antes. El impulso Y está separado del impulso X un intervalo de tiempo igual al tiempo de viaje de un impulso ultrasónico desde el transductor 16 bajando a través de la columna líquida 46 hasta la superficie 44a y volviendo arriba al transductor a través de la columna líquida. Es obvio que este intervalo de tiempo dependerá de la longitud de la columna líquida 46 y puede ser por ejemplo, de cien microsegundos.
25. Una parte del impulso ultrasónico producido por el transductor 16 atraviesa la superficie 44a de la muestra 44 y es reflejado a continuación por la superficie opuesta 44b de la muestra. Está claro que una parte de este impulso reflejado atravesará la superficie 44a y se propagará hacia arriba a través de la columna 46 hasta el transductor 16; sin embargo otra porción del impulso se reflejará hacia abajo a través de la muestra 44. Como resultado, aparecerán



3704

- una serie de impulsos V_1 , V_2 y V_3 en la forma de onda K que seguirán al impulso Y representando los intervalos de llegada de los impulsos ultrasónicos reflejados. Se puede observar asimismo que puesto que cada uno de los impulsos ultrasónicos reflejados viaja a través de la columna líquida 46, el intervalo de tiempo entre el impulso Y y el primer impulso reflejado V_1 y el intervalo de tiempo entre cada par de sucesivos impulsos reflejados es igual al tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través de un espesor doble al de la muestra 44. Por último se observará que la forma de la onda K representa la salida del receptor 52, ya que los impulsos que alimentan al receptor serán de configuración irregular y no impulsos de onda cuadrada como se muestra en la forma de onda K. Sin embargo, el receptor 52 funciona conformando estos impulsos en impulsos sustancialmente cuadrados tales como los representados en la forma de onda K. Finalmente, en la operación del dispositivo lo verdaderamente importante es el tiempo de llegada de los impulsos y no la forma exacta de estos impulsos.
5. La salida del receptor 52 es transmitida a través del desconectador "AND" 54 y de un inversor 56 a un circuito "flip-flop" 58 cuando el desconectador 54 está abierto, del modo que se describirá después. El circuito "flip-flop" 58 es de la misma construcción que los circuitos "flip-flop" 22 y 26 empleados en el dispositivo lo previamente descrito. Se observará también que en el dispositivo 50 están previstos dos circuitos "flip-flop" adicionales 60 y 62. Los circuitos "flip-flop" 58, 60 y 62 están interconectados del siguiente modo, la salida "1" del circuito "flip-flop" 58 está conectada a la entrada de disparo del circuito "flip-flop" 60, y la salida "1" del circuito "flip-flop" 60 está conectada a la entrada de disparo del circuito "flip-flop" 62.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



303704

- Suponiendo que el desconectador "AND" 54 esté abierto durante la porción inicial de la forma de onda K, la salida del desconectaror será de la forma indicada como forma de onda M en la figura 4. Se observará que la forma de onda M corresponde a la forma de onda K por la inclusión de los impulsos X, Y, V_1 y V_2 . El inversor 56 funciona invirtiendo la forma de onda M en la forma de onda N como también se indica en la figura 4. La forma de onda N se transmite a la entrada de disparo del circuito "flip-flop" 58, de modo que la salida "1" de este circuito se haga positiva cuando llegue el impulso transmitido X y permanezca positiva hasta que llegue el impulso ultrasónico Y reflejado inicialmente y mostrado por la forma de onda P en la figura 4. Se observará que la forma de onda P se mantiene a cero voltios hasta la llegada de la reflexión o impulso V_1 y entonces se hace positiva hasta la llegada del siguiente impulso reflejado V_2 .
- Como se indicó antes, la forma de onda P controla al circuito "flip-flop" 60 al ser transmitida a la entrada de disparo del circuito. Como resultado, a la salida "1" del circuito "flip-flip" 60 corresponde la forma de onda Q mostrada en la figura 4. Se observará aquí que la forma de onda Q se mantiene a cero voltios hasta la llegada del impulso Y y entonces se hace positiva y permanece positiva hasta el momento en que llega el impulso V_2 ya que la forma de onda P no es negativa hasta este momento. Por tanto, la forma de onda Q es positiva durante un intervalo de tiempo igual al tiempo transcurrido entre el impulso Y y el impulso reflejado V_2 ; mientras que el impulso P (durante este mismo periodo) es positivo solamente entre los instantes de llegada de los impulsos V_1 y V_2 .



3037

La salida "0" del circuito "flip-flop" 62 es transmitida al terminal de control del desconectador "AND" 54 y se presenta como la forma de onda L mostrada en la figura 4. Se observará que ya que la entrada del "flip-flip" 62 no es negativa hasta la llegada del impulso V_2 , la salida "0" del circuito 62 permanecerá positiva hasta este momento manteniendo abierta el desconectador 54. Sin embargo, el desconectador 54 se cierra en el momento en que llega al impulso V_2 para bloquear cualquier ulterior salida del receptor 52 a los circuitos "flip-flóp".

Un generador de señal 34, correspondiente al generador de señal 34 descrito al tratar del dispositivo 10, se utiliza para transmitir un tren de onda de impulsos sucesivos a un contador digital 64 a través de un desconectador "AND" 66 cuando el desconectador está abierto. El desconectador 66 está conectado a y controlado por la salida "1" de ambos circuitos "flip-flop" 58 y 60. Por esta razón, el desconectador 66 está controlado por la combinación de las formas de onda P y Q mostradas en la figura 4, y, puesto que ambas señales de control o formas de onda deben ser positivas para abrir el desconectador 66, un examen de la figura 4 nos mostrará que el desconectador se abrirá solamente entre los momentos de llegada de los impulsos reflejados V_1 y V_2 . Por tanto resulta que, la onda tren de impulsos R producida por el generador de señal 34 pasa a través del desconectador 66 solamente entre los momentos de llegada de los impulsos V_1 y V_2 , como se representa en la forma de onda S de la figura 4. Se puede observar también que este intervalo de tiempo corresponde al doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través del espesor de la muestra 44.



30373

- Se prefiere el contador 64 en la forma de tres contadores de décadas 68, 70 y 72 interconectados en la forma habitual. Cuando la muestra 44 medida tiene menos de una décima de pulgada de espesor, la frecuencia del generador de señales 34 se ajusta de modo que el contador de décadas 72 indique las unidades; el contador de décadas 70 indique las décimas y el contador de décadas 68 indique las centésimas para obtener una lectura directa de la medida de espesor en centésimas de pulgadas. Los contadores de décadas 68, 70 y 72 es preferible que sean del mismo tipo que los contadores de décadas 38 y 40 descritos previamente al tratar del dispositivo 10.
- 5. 5.
 - 10. 10.

- Un generador de control u oscilador 12, correspondiente al generador de control 12 descrito previamente al tratar del mecanismo 10, está conectado al generador de impulsos 14 y a la entrada de puesta a cero de los circuitos "flip-flop" y de los contadores de décadas para restaurar los circuitos "flip-flop" y los contadores de décadas cada vez que el generador de impulsos 14 es excitado de modo similar a la actuación del mecanismo 10. En esta variante del invento, el generador de control 12 transmite una multiplicidad de impulsos durante cada actuación del dispositivo 50, con un intervalo de tiempo entre impulsos sucesivos por lo menos tan grande como cuatro veces el tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través del espesor de la muestra 44, más dos veces el tiempo de viaje de un impulso ultrasónico, a través de la columna 46, con objeto de que los contadores de décadas 68, 70 y 72 tengan tiempo suficiente para hacer un recuento completo durante el intervalo de tiempo que media entre la llegada de los impulsos V_1 y V_2 como se muestra en la figura 4. En un modelo comercial, el generador de control 12 puede lanzar o
- 15. 15.
 - 20. 20.
 - 25. 25.
 - 30. 30.



3037

- producir un impulso cada quince milisegundos, que es un tiempo más que suficiente para completar una medida de la muestra 44 y aún es suficientemente rápido para que un observador no aprecie ningún cambio en las indicaciones de los contadores de décadas 68, 70 y 72, a menos que el dispositivo haga una lectura falsa durante una o varias medidas. Si el dispositivo es manejado adecuadamente, el observador solamente verá una lectura continua de los contadores de décadas durante cada operación de medida aunque se hagan realmente una serie de medidas individuales y de recuentos individuales.
5.
10.

- Resumiendo el funcionamiento del dispositivo 50, se observará que el circuito de control (comprendiendo los circuitos "flip-flop" 58, 60 y 62, el desconectador 54 y el inversor 56) recibe una serie de impulsos correspondientes al tiempo que media desde la transmisión de un impulso ultrasónico por el transductor 16, a la recepción por el transductor de la parte de impulso ultrasónico reflejado por la superficie 44a de la muestra, y después a la serie de impulsos correspondientes a los momentos de llegada de los impulsos ultrasónicos reflejados por la cara inferior o superficie 44b de la muestra. Este circuito de control responde solamente a aquellos impulsos que llegan antes del segundo impulso reflejado por la superficie 44b de la muestra para abrir el desconectador 66 solamente durante el intervalo de tiempo que media entre el primero y el segundo impulso reflejados por la superficie 44b de la muestra. El desconectador 66 está abierta por tanto durante un intervalo de tiempo correspondiente al doble del tiempo de viaje de un impulso ultrasónico a través del espesor de la muestra, estando el contador 64 trabajando solamente este intervalo de tiempo durante cada operación de medida.
15.
20.
25.
30.



- 303704

- El contador 64 dará la lectura del espesor de la muestra medida directamente en centésimas de pulgadas, mediante la selección apropiada de la frecuencia de salida del generador de señal 34. Como se señaló anteriormente el dispositivo 50 está indicado particularmente para exploración de muestras a altas temperaturas o empleos semejantes que requieran el uso de la columna líquida 46 para acoplar el transductor 16 a la muestra, aunque también se puede usar esta disposición del invento cuando el transductor 16 se pueda colocar en contacto directo con la muestra que se ha inspeccionar.
- 5.
 - 10.

FIG. 5 VARIANTE

- En la figura 5 se muestra otra disposición modificada del invento. Esta disposición designada generalmente por el símbolo de referencia 110, utiliza un generador de impulsos 14 disparado o excitado por un impulso, con la forma de onda A_1 , mostrada en la figura 6, recibido a través del conductor 113 desde el oscilador de control 12. Al ser disparado el generador de impulsos transmite un impulso eléctrico, con la forma de onda B_1 mostrada en la figura 6.
- 15.
 - 20.

El impulso eléctrico B_1 se transmite por el conductor 116 al transductor 16 que convierte un impulso eléctrico en un impulso ultrasónico de energía o que convierte un impulso ultrasónico de energía en un impulso eléctrico o señal de voltaje. El transductor 16 se acopla a la muestra 120 que se ha de medir, o bien directamente, como se muestra, o bien a través de una columna líquida de la forma descrita previamente.

- 25.

El impulso eléctrico B_1 es convertido o traducido por el transductor 16 en un impulso ultrasónico de energía que se transmite al interior de la muestra 120 a través de una superficie de entrada 120a. Este impulso ultrasónico

- 30.



303704

- viaja a través de la muestra 120 hasta que alcanza una superficie opuesta a la superficie de entrada 120a, que puede ser el otro lado 120b de la muestra. Es obvio que una grieta horizontal u otra discontinuidad de la muestra 120 formaría un plano reflector de la energía ultrasónica y por tanto produciría la reflexión de la energía ultrasónica. Los ecos del impulso ultrasónico se reflejan entonces hacia la superficie superior de entrada 120a. Estos ecos o reflexiones se separan aisladamente y varían en amplitud por una disminución gradual de intensidad. Los ecos o reflexiones de máximo interés son la primera y segunda reflexión de la cara opuesta 120b de la muestra 120. Estas reflexiones se emplean para determinar la dimensión del espesor de la muestra 120. Para objetos metálicos que tengan un espesor superior a 1,5 pulgadas se ha descubierto que al menos las dos primeras reflexiones internas pueden utilizarse para determinar la dimensión del espesor de la muestra 120, y en la mayor parte de las veces se puede emplear un par cualquiera de reflexiones para determinar esta dimensión. Aunque en la forma de onda C_1 se muestran solamente dos reflexiones C' y C'' , debe entenderse que del impulso transmitido dentro de la muestra 120 resulta un tren de reflexiones que disminuyen gradualmente. Estos ecos o impulsos de energía ultrasónica son traducidos en energía eléctrica por el transductor 16 que produce señales eléctricas con una amplitud de voltaje proporcional a la intensidad de los impulsos de energía ultrasónica. Estas señales de tensión, mostradas en la figura 6 como adoptando la forma de onda C_1 , están imposibilitadas de entrar en el generador de impulsos 14 por un rectificador de bloqueo conveniente 122. La señal de tensión C_1 pasa por el conductor 124 a un desconectador "AND" 125. El desconectador 125 está
- 5.
 - 10.
 - 15.
 - 20.
 - 25.
 - 30.



303704123

previsto para impedir el paso de las señales de tensión del transductor 16 a la parte siguiente del circuito durante un intervalo de tiempo predeterminado posterior a la producción del impulso eléctrico B_1 por el generador de impulsos 14. Como se ve en la forma de onda C_1 de la figura 2 el transductor 16 produce una señal de tensión oscilante durante un corto periodo de tiempo después de haber sido excitado por el impulso eléctrico B_1 . Si estas oscilaciones no estuvieran bloqueadas de la parte siguiente del circuito causarían la producción de respuestas espurias en el dispositivo 110 que darían una dimensión imprecisa del espesor. En esta modificación principal mostrada del invento, los medios de bloqueo comprenden un "flip-flop" por impulsiones 126 que está conectado al generador de impulsos 14 por un conductor adecuado 128. La salida del "flip-flop" 126 es una señal eléctrica, mostrada en la figura 6 por la forma de onda D_1 , que alimenta a un circuito sumador 130 a través de un conductor apropiado 132. El impulso eléctrico B_1 alimenta también por medio del conductor 128 a un amplificador apropiado 134 que invierte al impulso B_1 para producir una señal eléctrica, mostrada en la figura 6 por la forma de onda E_1 . La señal eléctrica E_1 del amplificador 134 es transmitida por un conductor adecuado 136 al circuito sumador 130 que suma las señales eléctricas D_1 y E_1 para producir una señal eléctrica con la forma de onda F_1 , como se muestra en la figura 6. La señal eléctrica F_1 es transmitida entonces a través de un conductor idóneo 138 al desconectador 125.

El desconectador 125 requiere que se reciba simultáneamente una señal de tensión positiva por ambos conductores 124 y 138 para que pueda pasar a través de ella una señal. Respecto a la figura 6, se observará que la señal



303704

- eléctrica F_1 , que es la señal resultante de las señales D_1 y E_1 , va desde un valor positivo de la tensión hasta cero durante un periodo predeterminado de tiempo antes de volver a un valor positivo de voltaje. Está claro que
5. cuando no se recibe ninguna señal eléctrica en el desconectador 125 por el conductor 138, la señal de tensión oscilante C_1 producida por el transductor 16 inmediatamente después de haber sido excitado por el impulso eléctrico B_1 es detenida en su paso a través de ella impidiendo así
10. una respuesta espuria del dispositivo de medida 110.

- Después de que el desconectador 125 ha impedido el paso a su través de las señales de tensión durante un predeterminado tiempo, permite pasar a las señales de tensión C' y C'' que representan al primer y segundo eco o reflexiones. Un receptor apropiado o amplificador 142 está
15. conectado al desconectador 125 a través de un conductor 144 para ser excitado por las señales eléctricas recibidas. Las señales de voltaje C_1 recibidas por el receptor 142 son amplificadas y conformadas en los picos de impulsos G' y
20. G'' , mostrados en la forma de onda G_1 de la figura 6. La salida del amplificador 142, formada por los impulsos eléctricos G' y G'' se transmite al desconectador 148 por medio del conductor apropiado 146. En la figura 5 se designa en general por el símbolo de referencia 149 a un medio conseguido
25. para traducir en número el intervalo de tiempo entre los impulsos G' y G'' indicando la dimensión del espesor de la muestra 120. Este medio 149 indicado incluye el desconectador 148 que también recibe del oscilador de control 12 a través del conductor 150 una señal eléctrica, mostrada
30. por la forma de onda H_1 de la figura 6.

La señal eléctrica A_1 transmitida por el oscilador



303704

12 a través del conductor 113 es recibida también por un primer circuito "flip-flop" 152. La señal de la salida "0" del circuito "flip-flop" 152, disparado por la señal A_1 se transmite a través de un conductor apropiado 154 al desconectador 148. La señal de la salida "0" del "flip-flop" 152 se muestra en la figura 6 como la forma de onda I_1 . Se observará, que ya que deben recibirse señales eléctricas a través de los conductores 146, 150 y 154 para que pase una señal por el desconectador 148, de igual modo el desconectador 148 debe recibir las señales eléctricas H_1 e I_1 para que pase la señal de tensión G' desde el receptor 142. Cuando se cumplen estas condiciones la señal de tensión G' atraviesa el desconectador 148.

Un inversor 156, que puede ser un amplificador apropiado, invierte la señal G' y transmite una señal eléctrica, mostrada en la figura 6 como la forma de onda J' , a través de un conductor idóneo 158 al disparador del segundo circuito "flip-flop" 160. La salida "1" del circuito "flip-flop" 160 es una señal, mostrada en la figura 6 como forma de onda K_1 , que se transmite a través del conductor 162 a un circuito desconectador conveniente 164. El desconectador 164 debe recibir una señal positiva del conductor 162 y otra del conductor 166 antes de dejar pasar una señal.

Un oscilador conveniente o generador de señal 168 produce un tren de impulsos de amplitud constante, mostrado en la figura 6 por la forma de onda L_1 , que está aplicado sobre el desconectador 164 a través del conductor 166 de modo que cuando se recibe una señal por el conductor 162 un tren de onda de los impulsos eléctricos, mostrado en la figura 6 como M_1 , pasa a través del desconectador. Los impulsos eléctricos L_1 se muestran como impulsos cuadrados de forma exagerada con objeto de mayor claridad, pero es



303704

obvio que pueden emplearse impulsos que tengan otras formas de onda y otras frecuencias deseadas. Se puede variar la frecuencia de la señal producida por el generador de señal 168.

5. La señal eléctrica M_1 que ha pasado por el desconectador 164 se transmite por un conductor conveniente 170 a un contador 172 para contar los impulsos de la señal M_1 durante un periodo de tiempo. Cada vez que el contador 172 recibe una señal M_1 comienza a contar. El comienzo del recuento por el contador 172 corresponde por tanto a la excitación del receptor 142 por la primera reflexión interna recibida de la muestra 120. La salida del contador 172 se presenta visualmente en forma de un número que indicará la dimensión del espesor de la muestra 120. En una aplicación de gran resultado de este invento, una señal M_1 con una frecuencia de 11,6 megaciclos obliga al contador 172 a leer en centésimas de pulgada. De acuerdo con esto, si se desea la dimensión en milésimas la frecuencia de la señal M_1 producida por el generador de señal 168 debería ser
10. de 116 megaciclos. Cuando una primera sección 172a, que puede ser un contador de décadas, del contador 172 ha alcanzado el límite de su escala, las señales eléctricas son dirigidas a través de un conductor apropiado 174 a una segunda sección 172b, que puede ser también un contador de
15. décadas, del contador 172 que empieza a contar entonces.
20. Cuando se recibe en el transductor 16 una reflexión subsiguiente o segundo eco de energía ultrasónica y se amplifica en un impulso de pico G" por el amplificador 142, se dispara el "flip-flop" 160 de modo que haga cero a la señal eléctrica K_1 transmitida a través del conductor
25. 162. Esto origina que se haga cero también la señal M_1 lo que para de contar al contador 172. Por tanto, el contador
- 30.



3037042

- 172 es desactivado por la segunda actuación del receptor 142 debida a la segunda reflexión interna resultante del impulso inicial transmitido dentro de la muestra 120. Es evidente que se eliminan los errores de la determinación del espesor de la muestra 120 que resultan de los cambios de acoplamiento del transductor 16 con la muestra ya que la dimensión del espesor se determina por la diferencia de tiempo entre la primera y la segunda reflexión interna.
5. Estas reflexiones internas atraviesan la misma distancia en la muestra 120. El resultado visual del contador 172 indica entonces directamente en forma numérica la dimensión del espesor de la muestra inspeccionada.

- Quando la segunda señal de impulsos de voltaje G'' del amplificador 142 dispara al segundo circuito "flip-flop" 160, éste, transmite una señal eléctrica de su salida "0", mostrada en la forma de onda N_1 de la figura 6, a través de un conductor apropiado 176 a un circuito sumador 178. Observando la forma de onda N_1 se verá que cuando el circuito "flip-flop" 160 recibe del amplificador 142 la primera señal de tensión G' se dispara de modo que la señal de salida a través del conductor 176 pase desde un valor positivo a cero y se mantenga así hasta que el "flip-flop" 160 sea de nuevo disparado por una sucesiva señal de tensión G'' . A la vez la señal de voltaje N_1 vuelve nuevamente a un valor positivo y una señal de tensión, mostrada por la forma de onda O_1 , pasa por el circuito sumador 178. La señal que pasa por el circuito 178, en el presente ejemplo, tiene la forma de onda O_1 que es la misma que la forma de onda N_1 . Sin embargo, como se establecerá después, esto puede no ser siempre verdadero ya que la señal eléctrica O_1 puede tener otras formas de onda de acuerdo con la señal que pasa por el circuito sumador 178.

En el conductor 182 que conecta el circuito suma-



303704

- dor 178 al "flip-flop" 152 se interpone un inversor apropiado 180 para invertir la señal eléctrica O_1 que pasa por el circuito sumador 178. La señal eléctrica transmitida por el inversor 180, mostrada en la figura 6 adoptando la forma de
5. onda P_1 , dispara el primer circuito "flip-flop" 152 de modo que la salida se haga cero. El circuito o dispositivo 110 permanece entonces a cero hasta que el oscilador de control 12 restaura los circuitos "flip-flop" 152 y 160 y el contador 172 por medio de una señal A_1 transmitida a través del conductor 113.
- 10.

- Se ha previsto un método para detener la operación del dispositivo de inspección 110 si la dimensión del espesor medido está lejos del alcance del dispositivo 110. Este método funciona por medio de un conductor 184 conectado a la segunda sección 172b del contador 172 y al circuito sumador 178. Así, sucede que cuando un intervalo de tiempo entre reflexiones sucesivas o ecos indicaría un espesor lejos del alcance del dispositivo 110, se transmite por el conductor 184 una señal desde el contador 172 al circuito sumador 178 para impedir el disparo del "flip-flop" 152. Puesto que la señal I_1 ha llevado a cero el desconectador 148 queda impedido el paso a una señal cuando, si acaso, se recibe desde el amplificador 142 una señal G subsiguiente. De este modo, el dispositivo 110 permanece en una situación de "en reposo" esperando su restablecimiento por el oscilador de control 12.
- 15.
- 20.
- 25.

- Por todo lo anterior se observará que el presente invento proporciona un nuevo aparato no destructivo para determinar la dimensión del espesor de un objeto. Este nuevo aparato utiliza la primera reflexión interna de un impulso transmitido dentro de un objeto para excitar a un contador que comienza a contar. La siguiente o segunda reflexión interna empleada por el dispositivo desactiva al contador
- 30.



303704

- y detiene su recuento en un número decimal que indica la dimensión del espesor del objeto en unidades apropiadas y que puede ser, por ejemplo, pulgadas. Está claro que el invento elimina sustancialmente los errores introducidos en el acoplamiento entre el transductor y el objeto inspeccionado puesto que la dimensión del espesor del objeto depende solamente del intervalo de tiempo que media entre la primera y la segunda reflexión internas que atraviesan la misma trayectoria dentro del objeto. Este dispositivo indica rápidamente y con claridad la dimensión del espesor de un objeto por medio de un resultado visual numérico. Asimismo queda explicado que el nuevo dispositivo no destructivo de medida de espesores puede montarse cómodamente a base de componentes y elementos fácilmente obtenibles en forma de un equipo que es transportable sin dificultad para la inspección de objetos en diversos lugares. Finalmente, queda indicado que el presente invento proporciona un dispositivo no destructivo de medida de espesores que es de construcción sencilla, que puede fabricarse económicamente y que tiene una larga vida de servicio.

- Se pueden introducir algunos cambios en la combinación y disposición de las partes o elementos como se muestra en las especificaciones y se muestra en los dibujos, entendiéndose que los cambios se pueden hacer dentro de las variantes expuestas y sin apartarse del espíritu y alcance del invento tal y como se define en los siguientes apartados.

N O T A

- La Patente de Invención que se solicita en España por veinte años, de acuerdo con la vigente legislación, deberá recaer sobre: "INSTRUMENTO NO DESTRUCTIVO DE MEDICION DE ESPESORES", con prioridad de la demanda en U.S.A. Serial nº 306.068, de fecha 3 de Septiembre de 1.963,



303704

según las características esenciales de las siguientes:

REIVINDICACIONES

- 1^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, caracterizado porque sirve para medir el espesor de una muestra que tiene al menos una superficie accesible y porque comprende: medios para transmitir en la muestra una señal del tipo de impulso ultrasónico a través de la superficie accesible y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra a dicha superficie accesible; un contador digital que responde a impulsos sucesivos contando el número de tales impulsos; medios generadores de señales para producir una secuencia de ondas de los impulsos sucesivos; medios de conexión y desconexión que conecten dicho generador de señal al contador controlando el tiempo durante el que son transmitidos los sucesivos impulsos de dicho generador de señal a dicho contador; y un circuito de control que conecte a dichos medios de conexión y a los mencionados medios receptores de los impulsos reflejados abriendo dicho desconectador solamente durante el intervalo de tiempo entre un par de impulsos reflejados sucesivos seleccionados, por lo que dicho contador mide dos veces el tiempo que tarde un impulso ultrasónico en atravesar la muestra, indicando de este modo el espesor de la muestra.
5. una muestra que tiene al menos una superficie accesible y porque comprende: medios para transmitir en la muestra una señal del tipo de impulso ultrasónico a través de la superficie accesible y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra a dicha superficie accesible; un contador digital que responde a impulsos sucesivos contando el número de tales impulsos; medios generadores de señales para producir una secuencia de ondas de los impulsos sucesivos; medios de conexión y desconexión que conecten dicho generador de señal al contador controlando el tiempo durante el que son transmitidos los sucesivos impulsos de dicho generador de señal a dicho contador; y un circuito de control que conecte a dichos medios de conexión y a los mencionados medios receptores de los impulsos reflejados abriendo dicho desconectador solamente durante el intervalo de tiempo entre un par de impulsos reflejados sucesivos seleccionados, por lo que dicho contador mide dos veces el tiempo que tarde un impulso ultrasónico en atravesar la muestra, indicando de este modo el espesor de la muestra.
10. contador digital que responde a impulsos sucesivos contando el número de tales impulsos; medios generadores de señales para producir una secuencia de ondas de los impulsos sucesivos; medios de conexión y desconexión que conecten dicho generador de señal al contador controlando el tiempo durante el que son transmitidos los sucesivos impulsos de dicho generador de señal a dicho contador; y un circuito de control que conecte a dichos medios de conexión y a los mencionados medios receptores de los impulsos reflejados abriendo dicho desconectador solamente durante el intervalo de tiempo entre un par de impulsos reflejados sucesivos seleccionados, por lo que dicho contador mide dos veces el tiempo que tarde un impulso ultrasónico en atravesar la muestra, indicando de este modo el espesor de la muestra.
15. el que son transmitidos los sucesivos impulsos de dicho generador de señal a dicho contador; y un circuito de control que conecte a dichos medios de conexión y a los mencionados medios receptores de los impulsos reflejados abriendo dicho desconectador solamente durante el intervalo de tiempo entre un par de impulsos reflejados sucesivos seleccionados, por lo que dicho contador mide dos veces el tiempo que tarde un impulso ultrasónico en atravesar la muestra, indicando de este modo el espesor de la muestra.
20. lo que dicho contador mide dos veces el tiempo que tarde un impulso ultrasónico en atravesar la muestra, indicando de este modo el espesor de la muestra.

- 2^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado por dichos medios para transmitir una señal de tipo impulso ultrasónico dentro de la muestra y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra, un transductor para convertir los impulsos eléctricos en impulsos ultrasónicos y para convertir los impulsos ultrasónicos reflejados en impulsos eléctricos, siendo dicho transductor de forma apropiada para colocar en contacto directo con la super-
25. espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado por dichos medios para transmitir una señal de tipo impulso ultrasónico dentro de la muestra y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra, un transductor para convertir los impulsos eléctricos en impulsos ultrasónicos y para convertir los impulsos ultrasónicos reflejados en impulsos eléctricos, siendo dicho transductor de forma apropiada para colocar en contacto directo con la super-
30. dos en impulsos eléctricos, siendo dicho transductor de forma apropiada para colocar en contacto directo con la super-



303704

ficie expuesta de la muestra; y donde dicho circuito de control comprende un par de "flip-flop" para abrir el desconectador como respuesta al segundo impulso eléctrico transmitido al circuito de control y para cerrar el desconectador como respuesta al tercer impulso eléctrico transmitido al 5. circuito de control.

3^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, tal como el definido en la reivindicación 2^a, en el que dicho circuito de control está además caracteri-
10. zado por incluir un receptor conectado al transductor y a uno de dichos "flip-flop" teniendo una salida que sea un diferencial de su entrada para activar al respectivo "flap-flop".

4^a.- Instrumento no destructivo de medición de 15. espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado por dichos medios para transmitir una señal de tipo impulso ultrasónico dentro de la muestra y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra incluyen: un transductor para convertir los impulsos eléctri
20. cos en impulsos ultrasónicos y para convertir los impulsos ultrasónicos reflejados en impulsos eléctricos; y una columna líquida para acoplar el transductor a la superficie expuesta de la muestra; y donde dicho circuito de control in
25. cluye tres "flip-flop" para abrir los medios de desconexión como respuesta al tercer impulso eléctrico transmitido al circui
circuito de control y para cerrar los desconectores res-
pondiendo al cuarto impulso eléctrico transmitido al circui-
to de control, por lo que el impulso eléctrico transmitido por
el transductor en respuesta al impulso reflejado por la super
30. ficie expuesta de la muestra a través de la columna líquida está bloqueado por el circuito de control.



303704

- 5^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado porque dichos medios para transmitir una señal de tipo impulso ultrasónico al interior de la muestra y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra incluyen: un generador de impulsos; un transductor para convertir los impulsos eléctricos del generador de impulsos en impulsos ultrasónicos y para convertir los impulsos ultrasónicos reflejados en impulsos eléctricos, y una columna líquida que acople el transductor a la superficie accesible de la muestra; y donde dicho circuito de control incluye: un receptor; y un desconectador "AND" que conecte el transductor al receptor; y medios para conectar el generador de impulsos y el desconectador "AND" que cierran el desconectador "AND" hasta después de la llegada del impulso eléctrico producido por el transductor en respuesta al impulso ultrasónico reflejado por la superficie expuesta de la muestra a través de la susodicha columna líquida.

- 6^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado porque dicho contador digital incluye una serie de contadores de décadas, cada uno de los cuales contadores de décadas tiene una lectura visual a fin de suministrar una indicación decimal del espesor de la muestra.

- 7^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado porque los medios generadores de señal comprenden un generador de frecuencia variable en el que la frecuencia de los impulsos sucesivos que accionan al contador digital puede ajustarse con la velocidad de los impulsos ultrasónicos a través del material de la muestra inspeccionada con objeto de proporcionar en el contador

303704



una lectura continua en pulgadas.

- 8^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, tal como el definido en la reivindicación 1^a, caracterizado porque dicho circuito de control incluye una pluralidad de "flip-flops" y dichos "Flip-flops" y dicho contador tienen cada uno un terminal de entrada de puesta a cero; dichos medios para transmitir una señal tipo impulso ultrasónico dentro de la muestra y para recibir los impulsos reflejados a través de la muestra incluyen un generador de impulsos; y caracterizado además para incluir: un generador de control conectado a los terminales de puesta a cero de los "flip-flop" y del contador y al generador de impulsos para restablecer automáticamente los "flip-flop" y el contador y activar el generador de impulsos una serie de veces durante cada inspección a intervalos de tiempo más espaciados que el tiempo de viaje esperado para un impulso ultrasónico que va desde el transductor a través de cuatro veces el espesor esperado de la muestra y vuelve al transductor con objeto de obtener en cada inspección una serie de medidas sucesivas del espesor.

- 9^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, caracterizado por: un generador de impulsos; un transductor capaz de ser colocado en contacto directo con la superficie accesible de la muestra conectado al generador de impulsos y que responda a un impulso eléctrico recibido del generador de impulsos transmitiendo un impulso ultrasónico al interior de la muestra, dicho transductor también responde a los impulsos ultrasónicos reflejados por la muestra produciendo los impulsos eléctricos correspondientes; un receptor conectado al generador de impulsos y al transductor para amplificar y diferenciar los impulsos eléctricos recibidos del generador de impulsos y del transductor; unos circuitos "flip-flop" primero y segundo, cada uno



303704

- de los cuales circuitos "flip-flop" tiene una salida "0" y una salida "1" así como terminales disparadores y restauradores de entrada, la salida "1" del primer circuito "flip-flop" está conectada a la entrada disparadora del segundo
5. circuito "flip-flop"; un primer desconectador "AND" conectado a la salida "1" de cada uno de los circuitos "flip-flop"; un inversor conectado a la salida de primer desconectador "AND"; un segundo desconectador "AND" que conecta la salida del receptor y la salida del inversor al terminal disparador de entrada del primer circuito "flip-flop" para disparar dicho circuito "flip-flop" a la llegada de cada uno de los impulsos eléctricos recibidos por el receptor cuando la salida del inversor es positiva; un generador de señal que produce una secuencia de onda de impulsos sucesivos; un ter
 10. cer desconectador "AND" conectado al generador de señal y a la salida "0" del primer circuito "flip-flop" a la salida "1" del segundo circuito "flip-flop" para la transmisión de los impulsos desde el generador de señal entre el segundo y tercer impulsos recibidos por el receptor; un contador digital conectado a la salida del tercer desconectador "AND" para contar los impulsos producidos por el generador de señal entre los tiempos de llegada de los impulsos eléctricos segundo y tercero recibidos por el receptor, teniendo dicho contador un terminal de puesta a cero; y un generador de con
 20. trol conectado al generador de impulsos y a cada uno de los terminales de puesta a cero de los circuitos "flip-flop" y al contador adaptado para excitar automáticamente al gene
 25. rador de impulsos y restablecer simultáneamente los circuitos "flip-flop" y el contador, a intervalos de tiempo más
 30. espaciados que la duración del tiempo de viaje esperado para un impulso ultrasónico que va desde el transductor a través de cuatro veces el espesor esperado de la muestra medida y



3037042

vuelve al transductor para proporcionar en cada inspección una serie de medidas sucesivas del espesor.

- 10^a.- Instrumento no destructivo de medición de espesores, caracterizado por: un generador de impulsos; un
5. transductor conectado al generador de impulsos para transmitir un impulso ultrasónico dentro de la muestra en respuesta a cada impulso eléctrico recibido del generador de impulsos y para convertir cada impulso ultrasónico reflejado por la muestra en un impulso eléctrico; un medio que proporciona una columna líquida para acoplar el transductor a la superficie accesible de la muestra; un receptor conectado al generador de impulsos y al transductor para amplificar los impulsos eléctricos recibidos desde el generador de impulsos y desde el transductor; unos circuitos "flip-flop" primero, segundo y tercero, cada uno de los cuales tiene unas salidas "0" y "1" así como unos terminales de entrada disparadores y restauradores; unos conductores que conecten la salida "1" del primer circuito "flip-flop" a la entrada de disparo del primer circuito "flip-flop" y la salida "1" del segundo circuito "flip-flop" a la entrada de disparo del tercer circuito "flip-flop"; un primer desconectador "AND" que conecte la salida del receptor y la salida "0" del tercer circuito "flip-flop" a la entrada de disparo del primer circuito "flip-flop" para transmitir los impulsos eléctricos desde el receptor a la entrada de disparo del primer circuito "flip-flop" cuando la salida "0" del tercer circuito "flip-flop" es positiva; un inversor interpuesto en la conexión del primer desconectador "AND" y la entrada de disparo del primer "flip-flop" para cambiar el estado del primer
 20. "flip-flop" en respuesta a los impulsos transmitidos a través del primer desconectador "AND"; un generador de señal que produce una secuencia de onda de impulsos sucesivos; un contador de décadas que tenga un terminal de puesta a cero;
 - 25.
 - 30.



303704

- un segundo desconectador "AND" conectado al generador de señal, al contador y a la salida "1" de los circuitos "flip-flop" primero y segundo para transmitir la salida del generador de señal al contador entre los impulsos tercero y cuarto recibidos por el receptor; un generador de control conectado al generador de impulsos y a los terminales de puesta a cero de cada uno de los circuitos "flip-flop" y del contador para restablecer automáticamente los circuitos "flip-flop" y el contador y excitar al generador de impulsos una pluralidad de veces durante cada inspección a intervalos de tiempo más espaciados que el tiempo de viaje esperado de un impulso ultrasónico que va desde el transductor a través de la columna de líquido y a través de cuatro veces el espesor esperado de la muestra y vuelve a través de la columna líquida al transductor a fin de suministrar en cada inspección una serie de medidas sucesivas del espesor.
- 5.
- 10.
- 15.

- 11*.- Un instrumento no destructivo de medición de espesores, caracterizado porque comprende: medios eléctricos para producir un impulso eléctrico; un transductor conectado a los medios eléctricos y acoplado a la superficie exterior de la muestra, dicho transductor traduce dicho impulso eléctrico en un impulso ultrasónico de energía que se transmite dentro de la muestra, dicho transductor recibe al menos dos impulsos eco de energía ultrasónica causados por una superficie opuesta a la mencionada superficie exterior y los convierte en señales de tensión; un medio receptor que amplifique dichas señales de tensión; un medio de desconexión conectado al generador de impulsos y al transductor, el medio desconectador debe responder a dicho impulso eléctrico para impedir que las señales de tensión del transductor sean recibidas por dicho medio receptor; un medio variable para producir una secuencia de onda de impulsos eléctricos que tengan una frecuencia prevista; un medio
- 20.
- 25.
- 30.



3 13704

- indicador incluyendo un contador que cuando es excitado cuenta el número de impulsos recibidos del último medio citado; y un medio excitador conectado al medio receptor y al medio indicador, dicho medio responderá a la primera
5. señal de tensión amplificada excitando dicho contador de modo que comience a contar impulsos, dicho medio responderá a una segunda señal de tensión amplificada desactivando el contador y deteniendo su recuento con lo que el contador muestra un valor numérico que indica la distancia
10. desde la mencionada superficie exterior a la superficie opuesta.

12ª.- "INSTRUMENTO NO DESTRUCTIVO DE MEDICION DE ESPESORES".

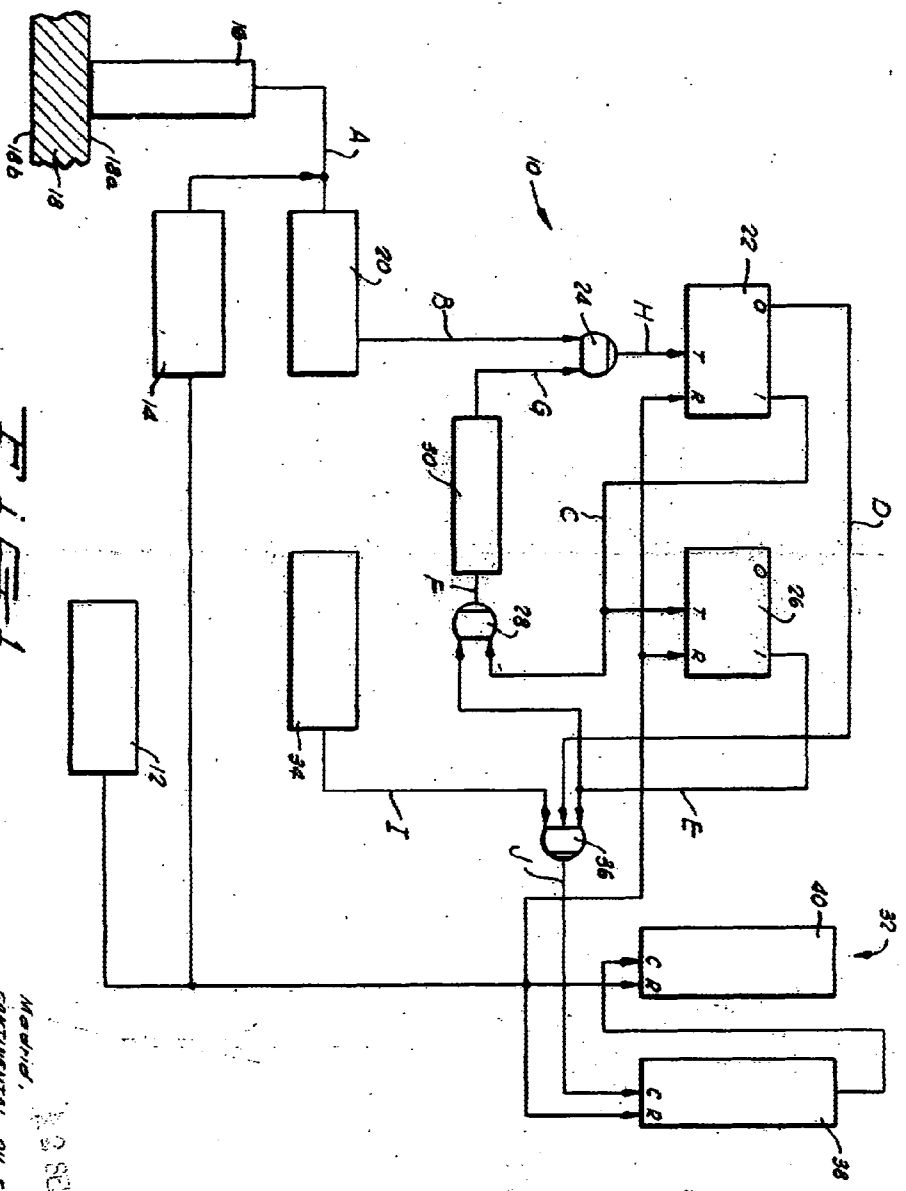
Según queda sustancialmente descrito en la presente memoria descriptiva, que consta de cuarenta hojas escritas a máquina por una sola cara, acompañada de sus correspondientes dibujos.

Madrid, 2 SEP. 1964

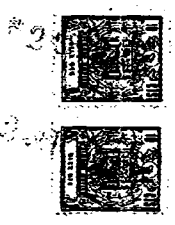
CONTINENTAL OIL COMPANY

P.P.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. P.



303704

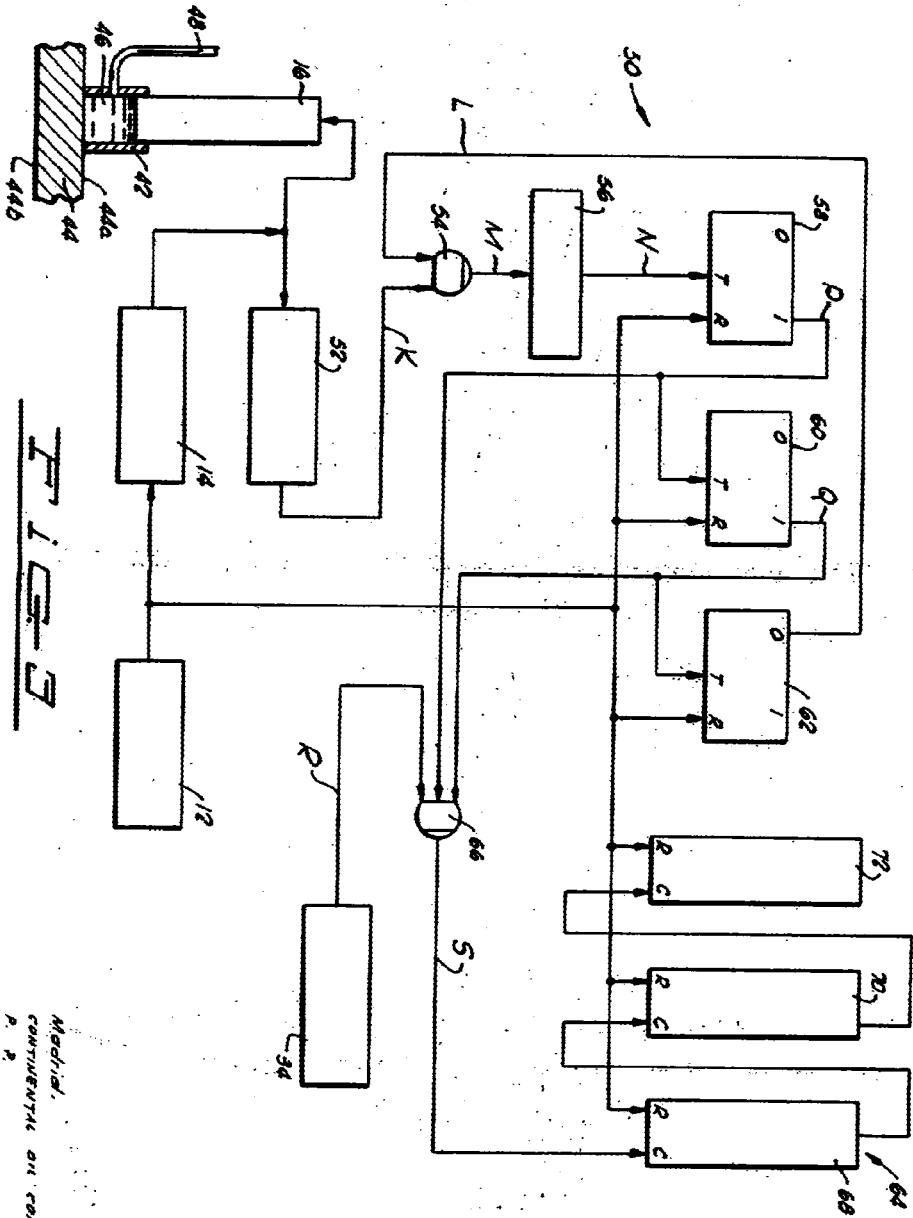


Escala variable

FIG. 1

MADE IN
 U.S.A.
 CONTINENTAL OIL COMPANY
 P. D.

(Handwritten signature)



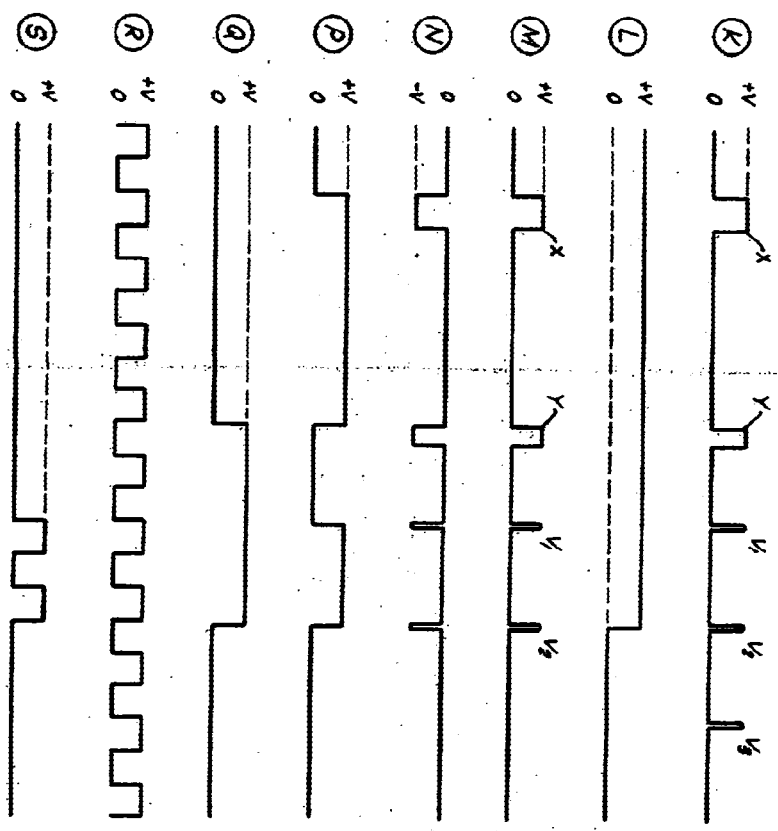
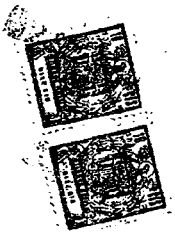
Escala variable

F I C 3

Modificado,
CONTINENTAL OIL COMPANY
P. P.

3-37-53





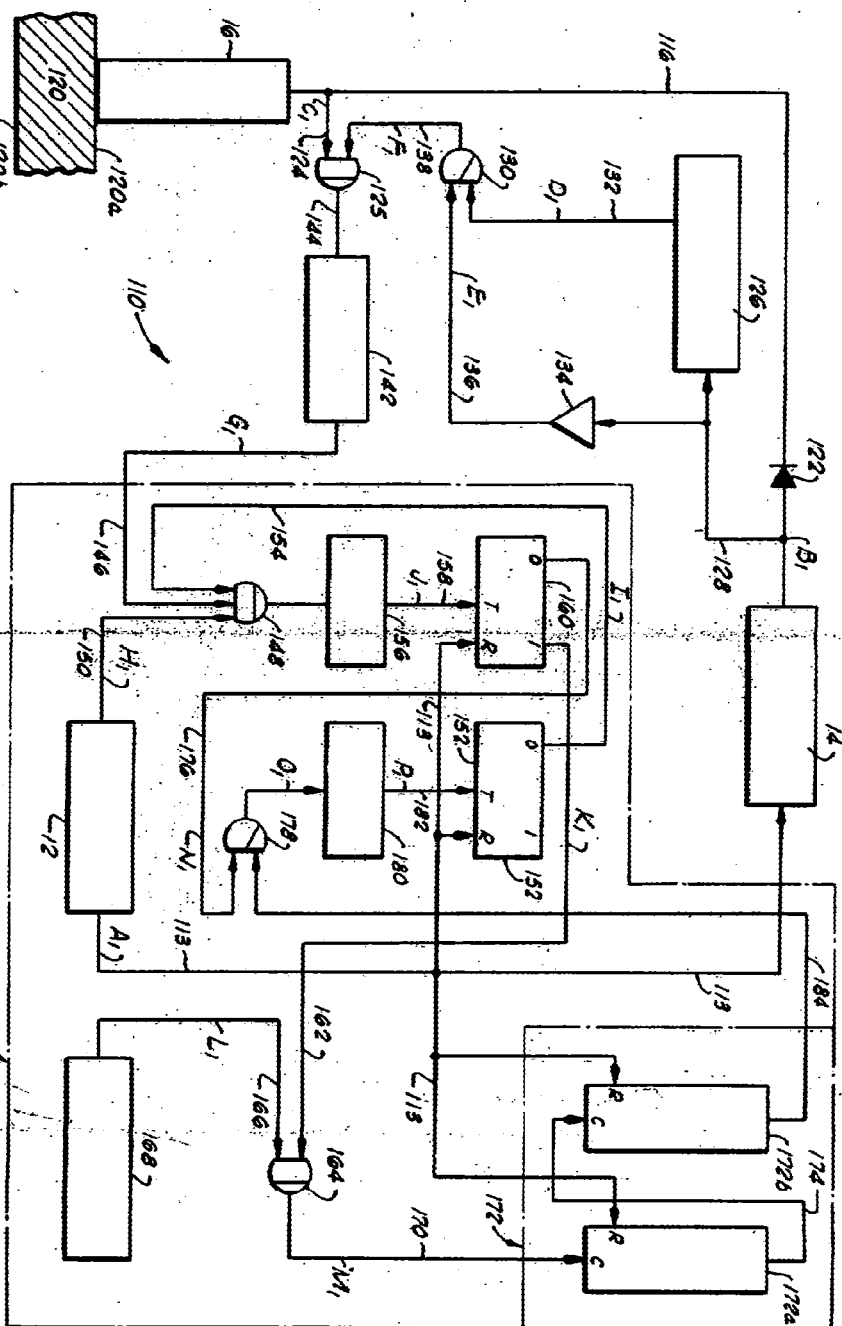
PI 104

Mediad.
CONTINENTAL OIL COMPANY
P. 2

603724

W.D. F.

Escola variable



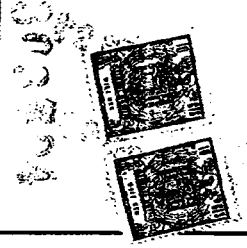
F I C S

Escola variable

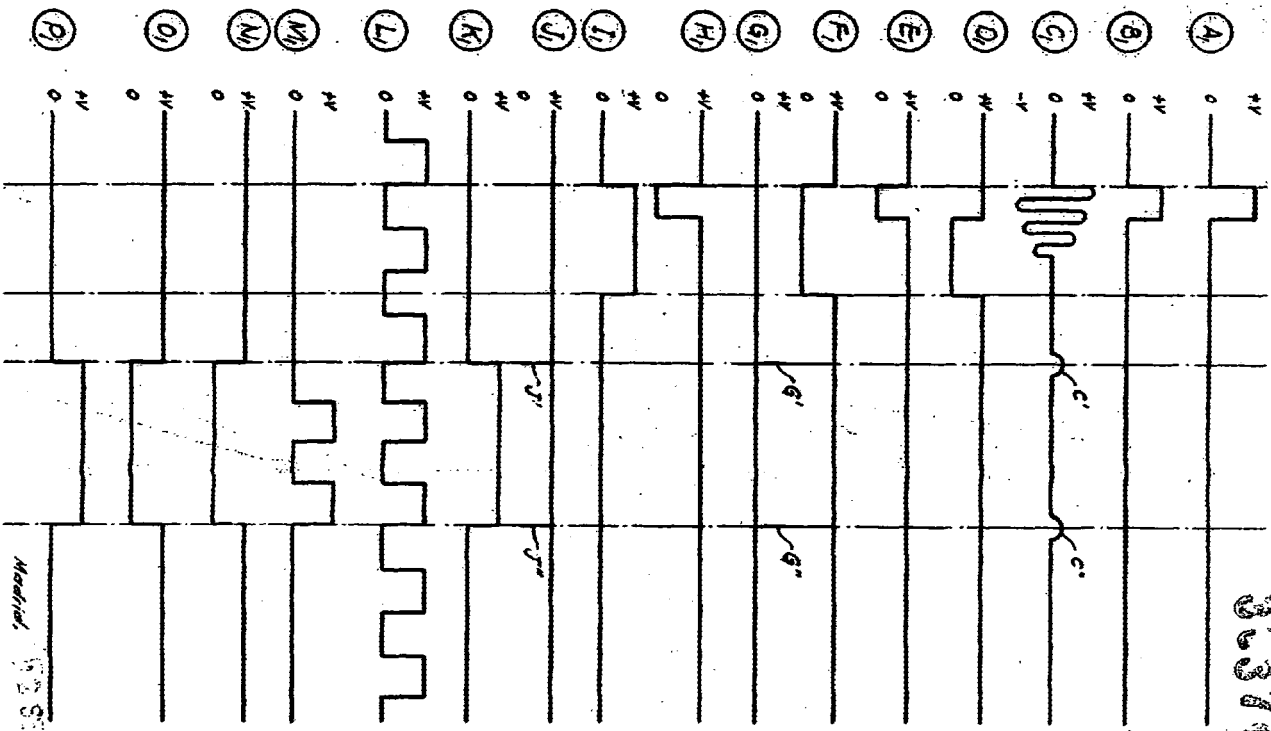
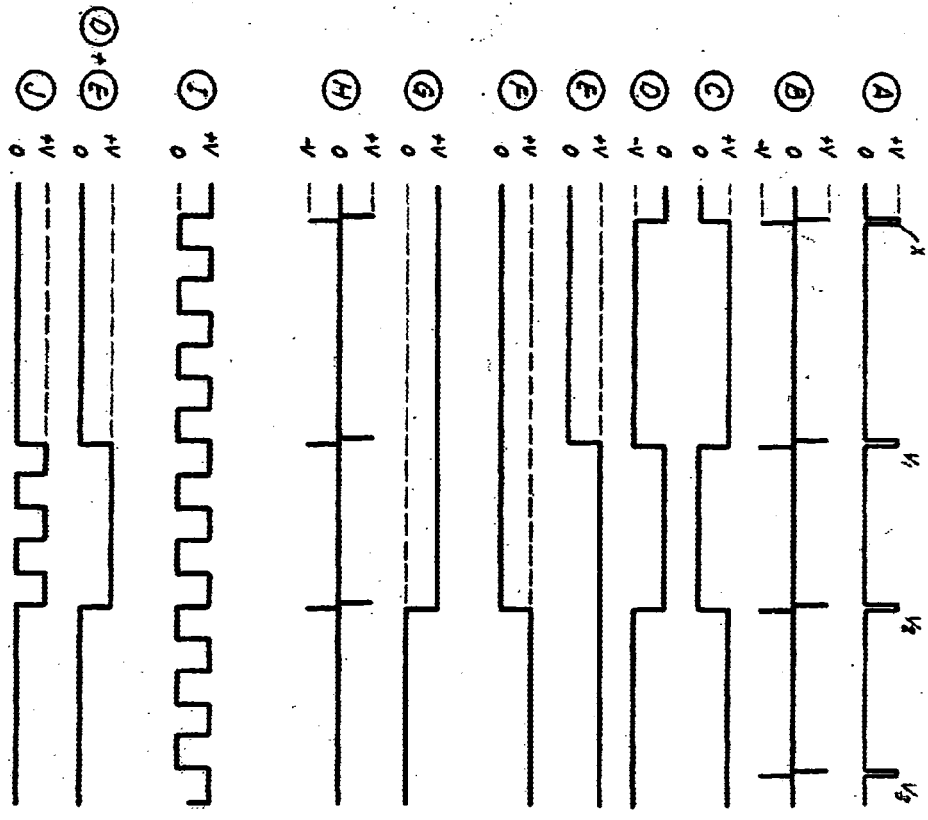
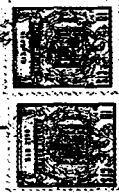
Madrid: CONTINENTAL OIL COMPANY S.A. NCSOC S.A.

Handwritten signature

313704



363714



FILE 2

FILE B

Modified 1958