



10 ES	11 NUMERO 449.504	10 A1
21	22 FECHA DE PRESENTACION 2-7-76	

PATENTE DE INVENCION

90 PRIORIDADES:		
91 NUMERO 592.437	92 FECHA 2 de Julio de 1.975	93 PAIS EE.UU. de A.
47 FECHA DE PUBLICIDAD	61 CLASIFICACION INTERNACIONAL G01N; B23K	62 PATENTE DE LA O. E. ES DIVISIONARIA
24 TITULO DE LA INVENCION PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA LA VALORACION NO DESTRUCTIVA DEL TIEMPO REAL DE SOLDADURAS.		
71 SOLICITANTE (S) WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, entidad norteamericana,		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE 195 Broadway, New York 10007, EE.UU. de A.		
72 INVENTOR (ES) SOTIRIOS JOHN VAHAVIOLOS		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE D. JAIME GOMEZ-ACEBO Y MODEST		

Este invento se refiere a un procedimiento y un aparato para la evaluación no destructiva en tiempo real de soldaduras mediante técnicas de emisión de ondas de sollicitación y, de un modo más particular, se refiere a un método y a un aparato con los cuales se evalúa una soldadura midiendo las ondas de sollicitación emitidas de la zona de la soldadura durante la transformación de la fase sólida a la fase líquida y la transformación de la fase líquida a la fase sólida de una soldadura.

La capacidad para valorar una soldadura empleando métodos de tiempo real no destructivos es de gran interés para la industria. Un método de verificar una operación de soldadura se describe en la patente EE. UU. 3.726.130, concedida a R.P. Hurlbans el 10 de Abril de 1.973. Según esta patente, las señales de impulsos de ondas de sollicitación ultrasónicas se transmiten en las dos piezas que se han de soldar desde un transductor situado opuesto al electrodo soldador mientras que se realiza la operación de soldadura. Estas señales se reflejan desde el área comprendida entre el metal en fusión y el metal sólido para proporcionar un dato de tiempo real para detectar el grado de penetración de una soldadura.

Otro método para verificar una operación de soldadura se describe en un artículo titulado "prevención de fallos con emisiones acústicas" de R.E. Herzog publicado en Machine Design, 14 de Junio de 1.973, en las páginas 132-137. En este artículo se afirma que uno de los empleos más útiles de las emisiones acústicas es la inspección de soldaduras según se realizan detectando y poniendo en correlación señales emitidas durante la transformación de la fase líquida a la fase sólida de una zona de soldadura para indicar buenas o malas soldaduras. El artículo de Herzog especifica además que se producen ondas de soli-

5 citación complejas en el ciclo de la soldadura y en el ciclo de enfriamiento posterior a la soldadura, pero solamente se utilizan las emisiones durante el periodo de enfriamiento después de la soldadura para hallar defectos tales como fisuras o resquebrajamientos cuando se producen en el área soldada y que no se tienen en cuenta las emisiones durante el ciclo de soldadura.

10 El método de la tecnología anterior, utilizando técnicas de emisión de ondas de sollicitación, mide por lo tanto solamente la cantidad de resquebrajamiento que puede tener lugar después de la soldadura para determinar si una soldadura es buena o mala. Todavía queda el problema de conseguir un método y aparato que proporcionen una evaluación de tiempo real más precisa no destructiva de la resistencia de la calidad de una soldadura.

15 El presente invento se refiere a un método y un aparato para la valoración no destructiva de tiempo real de soldaduras mediante técnicas de emisión de ondas de sollicitación y, de un modo más particular, se refiere a un método y un aparato
20 con los que se valora una soldadura midiendo las ondas de sollicitación emitidas desde la zona de la soldadura durante la transformación de la fase sólida a la fase líquida y la transformación de la fase líquida a la fase sólida de una soldadura. El presente invento se refiere además a un método y a un aparato con
25 el que la diferencia entre la energía de las ondas de sollicitación medida durante los periodos de transformación se compara con un valor de referencia predeterminado para determinar la aceptabilidad de una soldadura. Refiriendonos ahora a los dibujos, en los cuales los números iguales de referencia representan

partes semejantes en las diversas vistas:

La figura 1 es un esquema de conjuntos simplificado de un sistema de valoración de soldaduras según el presente invento.

5

La figura 2 ilustra diversas formas de ondas del tipo que aparecen en un osciloscopio, representadas con el fin de explicar el presente invento.

La figura 3 es un diagrama de conjuntos simplificado de un codificador que se utiliza con el procesador de energía de la figura 1.

10

La figura 4 es un diagrama de conjuntos simplificado de un oscilador de control de voltaje que se utiliza con el codificador de la figura 3.

La figura 5 es un diagrama de conjuntos simplificado de un circuito contador y comparador que se utiliza en el elaborador de energía de la figura 1; y

15

La figura 6 es un diagrama de conjuntos simplificado de otro circuito contador y comparador que se utiliza en el elaborador de energía de la figura 1.

20

El proceso de la soldadura tiene lugar sujetando mecánicamente los artículos que se desean soldar entre sí, fundiendo las partes en su zona interfacial común, haciendo que fluya conjuntamente el material y volviendo a solidificar el volumen fundido. El volumen, donde tienen lugar la fusión, se llama generalmente la zona de fusión y solidificación o pepita de la soldadura, mientras que la región donde se produce modificación de la estructura granular se llama generalmente la zona térmicamente afectada. El calor interfacial necesario se puede abastecer de diversas formas, una de las cuales es mediante una sol-

25

dadura de descarga de capacitor donde un impulso de corriente elevada se hace pasar a través de la zona interfacial de la parte de la soldadura. El presente invento se ha descrito principalmente con relación a un dispositivo de soldar por descarga de capacitancia. No obstante, se comprenderá que dicha descripción sirve solamente de ejemplo y tiene por finalidad la exposición del mismo y no su limitación.

Se comprenderá que el concepto de invención tiene igual aplicación con muchos otros aparatos de soldar, como puede ser un rayo laser.

Refiriendonos ahora a la figura 1, un par de artículos superpuestos 12 y 14, que comprenden materiales iguales o diferentes, se colocan para soldarse entre sí entre electrodos 16 y 18, por ejemplo de una soldadora de descarga por capacitancia 20.

Cuando una fuente de alimentación (no ilustrada) se conecta a los terminales 22 y 24 de la soldadora 20, se carga un capacitor 26. El cierre del interruptor 28 descarga el capacitor 26 a través del arrollamiento primario (P) de transformador 30, haciendo que se descargue un impulso de corriente por el arrollamiento secundario (S) del transformador 30 hasta los electrodos 16 y 18 y a través de la zona interfacial de la parte de soldadura. El capacitor 26 será de un tamaño suficiente para descargar un impulso de corriente que fundirá o deformará prácticamente el área de la soldadura en la zona interfacial de los artículos 12 y 14.

Las ondas de sollicitación emitidas desde el área de la soldadura, durante los intervalos del impulso de soldadura y después de la soldadura, se detectan mediante un transductor

diferencial piezoeléctrico 40 (que en adelante se denominará sensor 40) del aparato del invento para la valoración de soldaduras. El sensor se ilustra acoplado mecánicamente al electrodo 18 para la finalidad de efectuar la detección sin contacto pero también podría aplicarse mecánicamente al electrodo 16 o a uno u otro de los artículos 12 y 14.

Las señales detectadas por el sensor 40 comprenden ondas que son: (a) generadas por otros componentes eléctricos próximos al sistema de la figura 1, pero no ilustrado; (b) generadas en los artículos 12 y 14 electrodo 16 y 18, o sensor 40 debido a factores no transitorios como son las variaciones de temperatura y de tensión; y (c) ondas de sollicitación, que comprenden ondas de masa y superficiales, que se propagan desde la pepita de soldadura en los artículos 12 y 14, mientras que se sueldan los artículos.

Siempre que se produce una fase de transformación en la pepita de la soldadura, se libera energía en forma de ondas de sollicitación, cuyas ondas, a su vez, excitan el sensor 40. Dependiendo de la amortiguación de las ondas en las zonas interfaciales, los impulsos de tensión mecánica viajeros hacen que el sensor 40 proporcionen cambios de voltaje de salida que son casi proporcionales a la amplitud de los impulsos.

Debido a la baja amplitud de los impulsos de las ondas de sollicitación, es conveniente poder disponer de una buena transmisión de la onda mecánica o amplificación del voltaje de salida del sensor. Según se ilustra en la figura 1, el sensor 40 se conecta a un preamplificador de bajo nivel de ruido 42 sobre canales de toma 44. El preamplificador 42 deberá ser de un diseño que tenga una sensibilidad preferiblemente del orden de $1-4 \mu V$,

pero podría comprender una sensibilidad más allá de esta gama, por ejemplo de 6 μ V.

5 La salida del preamplificador 42 se transmite por el canal de toma 46 a un filtro de paso de banda 48 que tiene una banda de paso que queda al menos parcialmente dentro de la frecuencia natural del sensor, pero que cae dentro de la gama de las frecuencias de ruido generadas por otros componentes próximos al sistema. El filtro 48 es preferiblemente un filtro de paso alto de quinto orden, o superior, que se puede obtener en mercado.

10 Preferiblemente se añade un resistor 51 a la línea 50 para equiparar la impedancia de entrada del amplificador 52. La salida del filtro 48 en el canal de toma 50 es amplificada de una forma adicional por el amplificador 52. El amplificador 52 es de un diseño que tiene convenientemente un régimen rápido de giro como puede ser, por ejemplo un amplificador operacional modelo

15 715 disponible en mercado. La señal de salida del amplificador 52 se transmite por el canal de toma 54 a un elaborador de energía 56.

20 El elaborador de energía 56 recibe la señal amplificada y filtrada en el canal de toma 54 y mide la energía de la onda de sollicitación liberada del área de la soldadura durante la transformación de fase líquida a fase sólida después de la soldadura en la pepita de soldadura.

25 El elaborador de energía 56 puede comprender una circuitería que funciona de acuerdo con un esquema de conversión muy rápido analógico a digital. No obstante, dicha circuitería es muy costosa.

Las figuras 3 y 4, ilustran un nuevo elaborador de energía 56 que proporciona una circuitería muy rápida pero rela-

tivamente barata que se utiliza en el sistema de valoración de soldadura del invento. El nuevo elaborador de energía 56 comprende un codificador 57, ilustrado en la figura 3, que comprende un circuito multiplicador 70 el cual proporciona una señal de salida en el canal de toma 72 que equivale al cuadrado de la señal de entrada en el canal de toma 54, y un oscilador de control de voltaje 74. El multiplicador 70 puede comprender cualquier circuito conocido como, por ejemplo, un multiplicador modelo 4456 de Teledyne-Philbric de Dedham, Mass. El oscilador de control de voltaje 74 convierte la señal de entrada modulada en amplitud cuadrática en el canal de toma 72 en una señal de salida digital modulada en frecuencia (FM), produciendo un cambio en la amplitud de la señal de entrada un cambio correspondiente en el ritmo, o la frecuencia, de los impulsos digitales de la señal de salida.

El oscilador de control de voltaje 74 deberá comprender preferiblemente una circuitería que proporcione una gama de frecuencia de aproximadamente 1.000 : 1. Como los osciladores de control de voltaje clásicos proporcionan en general una gama de frecuencias hasta 10 : 1, la nueva circuitería de oscilador de control de voltaje 74 de la figura 4 se utiliza preferiblemente en el sistema presente. Tres osciladores separados de control de voltaje disponibles en mercado (VCO) 80, 81 y 82. Proporcionan una señal de salida de FM digital dentro de la gama de f_1 , a $10 f_1$, $10 f_1$ a $10 f_1$, a $100 f_1$, a $1000 f_1$, respect. Cada VCO 80, 81 y 82 tiene un comparador de ventana respectivo separado, 84, 85 y 86 asociado con el mismo. Cada comparador de ventana 84, 85 y 86 compara el nivel de voltaje instantáneo de la señal de entrada en el canal de toma 72 con una parte di-

ferente de la gama del voltaje de la señal de entrada general y proporciona una señal activadora al VCO 80,82 correspondiente cuando el nivel de voltaje de la señal de entrada cae dentro de la maga de voltaje correspondiente en comparación. La señal de entrada en el canal de toma 72 se suministra también a cada uno de los VCO 80-82.

En la práctica, si la señal de entrada en el canal de toma 72 suponemos que comprende un nivel de voltaje que se eleva a través de las gamas completas A y B, entonces el comparador de ventana 84 suministra una señal activadora al VCO 80 en tanto el nivel de voltaje de entrada se eleve dentro de la gama A. La señal activadora del comparador de ventana 84 hace que el VCO 80 genere una señal de salida de FM digital en el canal de toma 88 que aumenta desde 1μ hasta 10μ a medida que el nivel de voltaje de entrada aumenta correspondientemente a través de la gama A. Cuando el nivel de voltaje de entrada alcanza el límite inferior de la gama B, el comparador de ventana 84 deja de generar una señal activadora al VCO 80 y el comparador de ventana 85 suministra ahora una señal activadora al VCO 81. La señal activadora procedente del comparador de ventana 85 hace que el VCO 81 genere una señal de salida digital de FM en el canal de toma 89 que aumenta desde 10μ hasta 100μ a medida que el nivel del voltaje de entrada aumenta correspondientemente a través de la gama B. La señal de salida procedente de cada uno de VCO 80-82 se acopla a una puerta O común 90 y en el canal de toma 58 para la transmisión a un circuito contador y comparador 60 del elaborador de energía 56 (figura 1). Lógicamente, se pueden añadir comparadores de ventana adicionales y dispositivos VCO en la forma ilustrada en la figura 4 para extender la

gama de operación. La circuitería del oscilador de control de voltaje 74 evita el uso de integradores cuya anchura de banda suele ser limitada así como su precisión.

5 La señal de salida de FM digital procedente del codificador 57 se transmite por el canal de toma 58 a un circuito contador y comparador 60 que forma otra parte del elaborador de energía 56. El circuito contador y comparador 60 funciona para contar separadamente los impulsos digitales de entrada que se relacionan con la transformación de fase sólida a fase líquida y la transformación de fase líquida a fase sólida de la soldadura, restan el último conteo del primer conteo, comparan el valor neto de conteo con un valor umbral predeterminado, y generar una señal de pasa o no pasa en el canal de toma 62 como resultado de dicha comparación. Las figuras 5 y 6, ilustran dos configuraciones típicas que se pueden utilizar en el circuito contador y comparador 60. En las figuras 5 y 6, la señal de entrada de FM digital en el canal de toma 58 se recibe en una primera entrada de cada una de las puertas 101 y 102. Los impulsos de excitación apropiados se reciben por los canales de toma 64 en una segunda entrada de cada una de las puertas 101 y 102. Los impulsos de excitación apropiados activan primero la puerta 101 al menos durante una parte del periodo de soldadura durante el cual tiene lugar la transformación de la fase sólida a la fase líquida en la zona de la soldadura, y después activan las puertas 102 al menos durante una parte del periodo ulterior a la soldadura durante el cual tiene lugar la transformación de fase líquida a fase sólida en el área de la soldadura. La activación de la puerta 101 permite que los impulsos en el canal de toma 58, que representan la energía de onda de sollicitación detectada durante la trans-

10

15

20

25

30

formación de fase sólida a fase líquida de la perita de soldadura pasen al contador 104. La activación de la puerta 102 permite que los impulsos en el canal de toma 58, que representan la energía de las ondas de solidificación detectadas durante la transformación de fase líquida a fase sólida del área de la soldadura, pasen al contador 105.

La combinación de codificador 57 y contadores 104 y 105 funciona de acuerdo con la ecuación:

$$E = \int_0^T v^2(t) dt$$

dentro de un factor a escala. El multiplicador 70 eleva al cuadrado la onda instantánea del canal de toma 54; el oscilador de control de voltaje 74 proporciona una representación digital de la integración continua de la onda elevada al cuadrado, y los contadores 104 y 105 proporcionan la suma de la integración en el periodo de tiempo de las transformaciones de fase sólida a fase líquida y de fase líquida a fase sólida.

En la figura 5, los contajes de energía almacenados en los contadores 104 y 105 se transmiten a un dispositivo de representación visual 106 y 107, respectivamente, donde se pueden observar visualmente los resultados o registrarse mecánicamente para posibles fines de investigación, y a un circuito comparador común 108. El circuito comparador 108 está destinado a restar el contaje del contador 105 del contaje del contador 104, para comparar el valor neto resultante con un valor umbral previamente establecido, y para generar una señal de pasa o no pasa en el canal de toma 62 dependiendo de los resultados de la comparación.

Otro dispositivo de circuito contador y comparador 60 se ilustra en la figura 6. En este caso, un contador ascendente-descendente 112 reemplaza a ambos contadores 104 y 105 y al dispositivo de representación visual 106 y 107 de la figura 5. En la práctica, cuando se activa la puerta 101, el contador 112 cuenta el número de impulsos transmitidos por el canal de toma 58 de una forma en aumento. Cuando se activa después la puerta 102, el contador 112 resta cada impulso en el canal de toma 58 del contaje total obtenido durante el periodo en que la puerta 101 estaba activada. El comparador 114 compara el valor neto almacenado en el contador 112, después de haberse desactivado la puerta 102, con el valor umbral previamente establecido, para generar una señal de pasa o no pasó en el canal de toma 62 dependiendo de los resultados de la comparación. La señal de pasa o no pasa en el canal de toma 62 procedente del circuito contador y comparador 60 se puede utilizar para activar un dispositivo visual o audible (no ilustrado) que indica una buena o una mala soldadura.

Como es lógico, deberá comprenderse que: (a) cuanto más elevado sea el contaje en el contador 104 que difiera del contaje en el contador 105, tanto mayor será la resistencia de la soldadura, y que (b) el valor umbral previamente establecido corresponde a un valor de resistencia de la soldadura mínima aceptable, cuyo valor se puede determinar fácilmente mediante una prueba destructiva, por ejemplo, verificando una pluralidad de soldaduras de muestra formadas utilizando el sistema del invento, y poniendo en correlación la resistencia determinada con las mediciones obtenidas en el los contadores 104 y 105, o el contador 112, por cada una de las

soldaduras de muestra.

5 Se ha averiguado que existe una relación relativa-
mente lineal entre el valor de la energía de las ondas de
solicitudión netas resultantes, según se determina en el
comparador 108 de la figura 5, y el contador ascendente -des-
cendente 112 de la figura 6, y la resistencia a la tracción
de una soldadura, cualquiera que sea la composición de cada
uno de los artículos 12 y 14. La relación relativamente li-
neal existe independientemente de la energía de la soldadura
10 suministrada por la soldadora 20 o la condición de los artí-
culos 12 y 14, por ejemplo la limpieza, en las superficies
interfaciales que se sueldan. Por lo tanto, las variaciones
en la energía de la soldadura o la condición de los artícu-
los 12 y 14 se reflejarán simplemente en variaciones en ener-
15 gía de ondas de solicitudión a lo largo de la curva lineal y,
a su vez, en la resistencia de la soldadura.

Los impulsos de excitación debidamente temporizados,
transmitidos por los canales de toma 64 a las puertas 101 y
102, se obtienen preferiblemente mediante un dispositivo de-
20 tector 66 situado en la soldadora 20 y un circuito conforma-
dor 68 conectado entre el dispositivo detector 66 (figura 1)
y las puertas 101 y 102. El dispositivo detector 66 se sitúa
en la soldadora 20 para detectar la presencia de un impulso
de soldadura según se descarga el capacitor 25, y generar una
25 señal en respuesta al mismo en los canales de toma 67 al circui-
to conformador y temporizador 68. El dispositivo detector 66
puede comprender cualquier forma conocida por ejemplo un detec-
tor de bobina toroidal montado en el circuito secundario de
la soldadora 22. El circuito de conformación y temporización

5 68 puede comprender cualquier circuito conocido que reciba la señal procedente del dispositivo detector 66 y genere un impulso de excitación a: (a) la puerta 101 durante el periodo de soldadura en el cual tiene lugar por lo menos el intervalo de transformación de fase sólida a fase líquida en la zona de la soldadura, y (b) la puerta 102 durante el periodo ulterior a la soldadura en el cual tiene lugar por lo menos el intervalo de transformación de fase líquida a fase sólida en el área.

10 Refiriendonos en particular a la figura 2, las ondas (A) a (D) ilustran normalmente diversas ondas como podrían aparecer normalmente en un osciloscópio conectado a partes apropiadas del sistema de valoración de soldadura del invento.

15 La onda (A) representa el impulso de corriente a través de la zona interfacial de la soldadura descargado por el arrollamiento secundario (S) del transformador 30 a los electrodos 16 y 18 al cerrarse el interruptor 28 en la soldadora 20. La onda (B) representa las variaciones de temperatura que tienen lugar en el área de la soldadura en respuesta al impulso de corriente de la onda (A) que pasa a través de la zona interfacial de la soldadura entre los artículos 12 y 14. La temperatura alcanza un punto máximo durante el periodo en que tiene lugar la fusión o deformación plástica en el área de la soldadura. La onda (C) ilustra los impulsos de excitación normales generados por el circuito conformador y temporizador 20 68, que se transmite a los circuitos puerta 101 y 102 por los canales de toma 64. El impulso activador de la soldadura se emplea para activar la puerta 101, mientras que el impulso activador ulterior a la soldadura se utiliza para activar la puerta 25 102. La onda (d) representa las ondas de sollicitación de-

tectadas por el sensor 40 durante el intervalo de la transformación de fase sólida a fase líquida (durante el periodo de soldadura) y el intervalo de transformación de fase líquida a fase sólida (durante el periodo ulterior a la soldadura.

5 Las ondas normales que aparecen en diversas partes del sistema del invento se representan también en las figuras 1 y 3. Se comprenderá que las modalidades descritas anteriormente sirven simplemente para ilustrar los principios del invento. Los expertos en la materia pueden realizar otras diversas

10 modificaciones y cambios que incorporen los principios del invento y queden comprendidas dentro de su espíritu y alcance.

REIVINDICACIONES

=====

5 1. Procedimiento y aparato para la valoración no destructiva del tiempo real de soldaduras, cuyo procedimiento, según el cual en una etapa intermedia se mide la energía de las ondas de sollicitación emitidas desde resquebrajamientos que se desarrollan durante la transformación de fase líquida a fase sólida del área de la soldadura después de la soldadura, está caracterizado porque anteriormente a la etapa intermedia, se mide la energía de las ondas de la sollicitación emitidas por la deformación del material durante la transformación de fase sólida a fase líquida del área de la soldadura, y después de la etapa intermedia, se determina la magnitud de la diferencia entre la energía de las ondas de sollicitación emitida durante la transformación de la fase sólida a la fase líquida de la soldadura y la energía de las ondas de sollicitación emitida durante la transformación ulterior a la soldadura de fase líquida a fase sólida, siendo la magnitud de la diferencia indicativa de la resistencia de la soldadura.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se genera una señal de salida indicativa de una buena soldadura cuando la magnitud de la diferencia excede de un valor predeterminado.

20 3. Aparato para la realización del procedimiento de la reivindicación del tipo que comprende un sensor para detectar las ondas de sollicitación que se propagan en el material y que generan una señal de salida eléctrica representativa de las ondas detectadas, caracterizado porque incluye un primer dispositivo elaborador de señales que comprende un

5

10

15

20

25

amplificador para amplificar la señal de salida eléctrica procedente del sensor, y un filtro de paso de banda conectado a la salida del amplificador, para generar una señal de salida analógica dentro de una banda de paso que cae fuera de la gama de frecuencias generadas normalmente por los componentes próximos al aparato, y un segundo dispositivo elaborador de señales conectado a la salida del primer dispositivo elaborador, para medir la energía de las ondas de sollicitación durante el primer intervalo de transformación de fase sólida a fase líquida y el segundo intervalo de transformación de fase líquida a fase sólida en el área de la soldadura, y determinar después la diferencia entre las mediciones del primer y segundo intervalos de transformación de fases para proporcionar una medición de la resistencia de la soldadura.

4. Aparato según la reivindicación 3, caracterizado porque incluye medios para generar una señal de salida para indicar una buena soldadura cuando la magnitud de la diferencia entre las mediciones del primer y segundo intervalos de transformación de fases excede de un valor predeterminado.

5. Aparato según las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado porque el segundo dispositivo elaborador de señales comprende un dispositivo codificador conectado a la salida del primer dispositivo elaborador de señales, para generar una señal digital indicativa de la energía de la señal de salida del primer dispositivo elaborador de señales, y medios para contar los impulsos digitales procedentes del dispositivo codificador durante el primer intervalo de transformación de fase sólida a fase líquida y el segundo intervalo de transformación de fase líquida a fase sólida del área de la soldadura, y para determinar después la diferencia entre el

primer y el segundo contajes de los intervalos de transformación.

5 6. Aparato según la reivindicación 5, caracterizado porque el dispositivo codificador comprende un circuito multiplicador para elevar al cuadrado la señal de salida procedente del primer dispositivo elaborador de señales, y una circuitería osciladora de control del voltaje conectada al circuito multiplicador para generar una señal digital modulada en frecuencia indicativa de la energía de la señal elevada al cuadrado procedente del circuito multiplicador, y medios para contar los impulsos digitales procedentes del dispositivo codificador durante el primer intervalo de transformación de fase sólida a fase líquida y el segundo intervalo de transformación de fase líquida a fase sólida del área de la soldadura, y determinar después la diferencia entre los contajes del primer y segundo intervalos de transformación.

10

15

7. Aparato según la reivindicación 6, caracterizado porque la circuitería osciladora de control de voltaje comprende una pluralidad de comparadores de desconexión periódica, que están destinados cada uno a comparar la señal elevada al cuadrado procedente del circuito multiplicador con una gama de amplitudes predeterminadas que representa una parte diferente de la gama de amplitud máxima posible para la señal elevada al cuadrado, y generar una señal activadora en respuesta a la amplitud de la señal elevada al cuadrado que se encuentra dentro de la gama de amplitudes predeterminada respectivas, y una pluralidad de osciladores de control de voltaje, cada uno de cuyos osciladores se asocia con un comparador separado de la pluralidad de comparadores de desconexión

20

25

periódica destinado a generar una señal digital modulada en frecuencia, dentro de una gama de frecuencias predeterminada diferentes, indicando la energía en la señal elevada al cuadrado en respuesta a la señal activadora procedente del comparador de desconexión periódica correspondiente.

5

8. Procedimiento y aparato para la valoración no destructiva del tiempo real de soldaduras, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria.

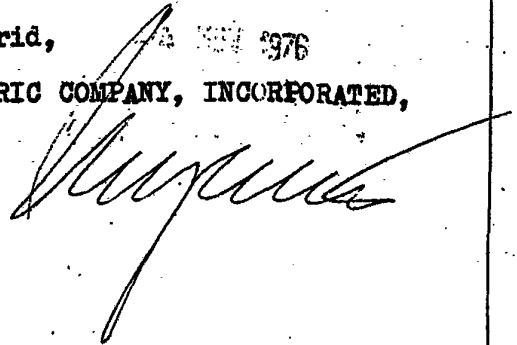
Esta memoria consta de 18 hojas, escritas a máquina por una sola cara.

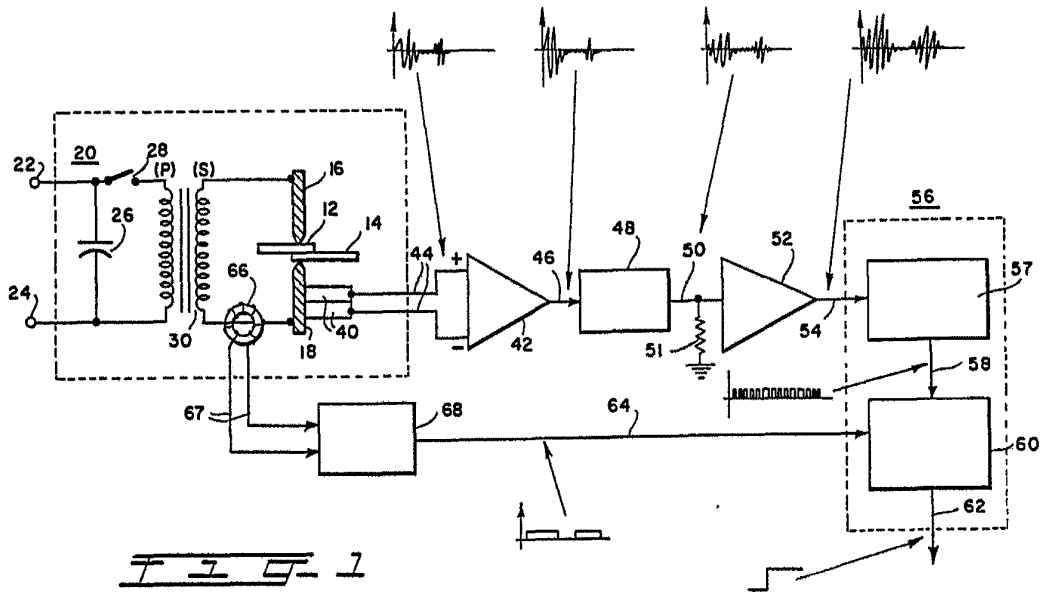
10

Madrid,

1976

• WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED,

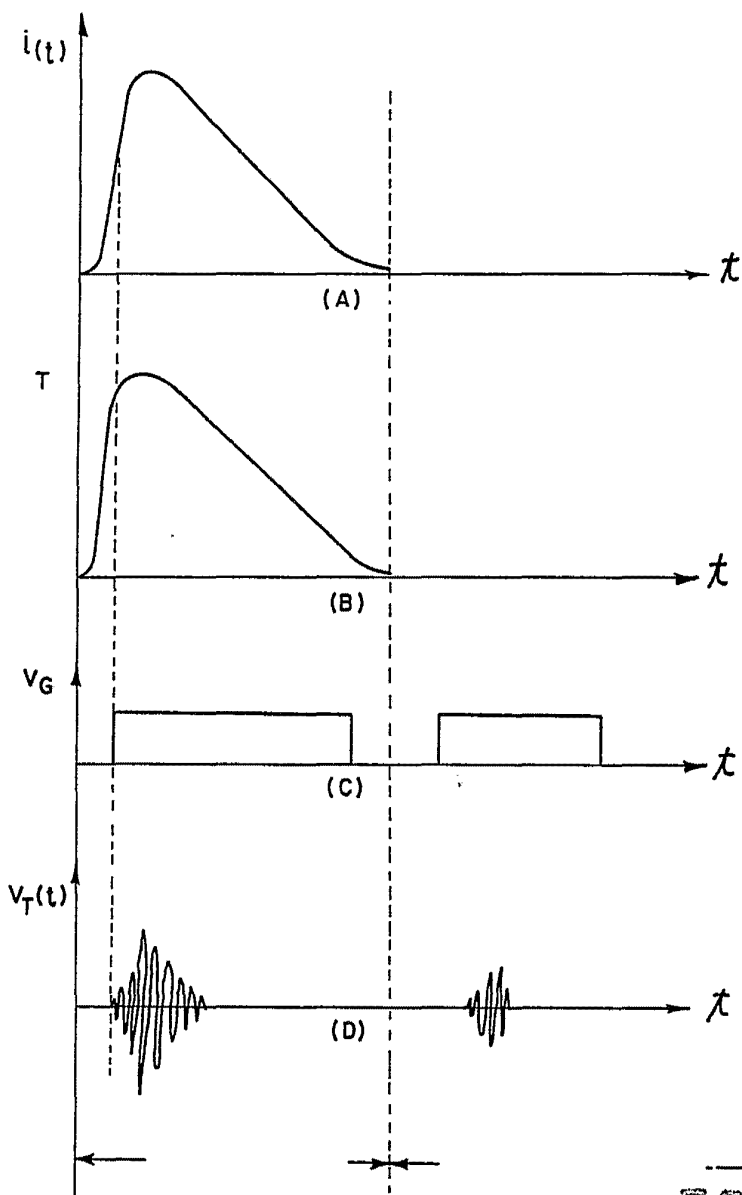




T I G 1

ESPANA
VARIANTE
Madrid - 4 NOV. 1976

[Handwritten signature]

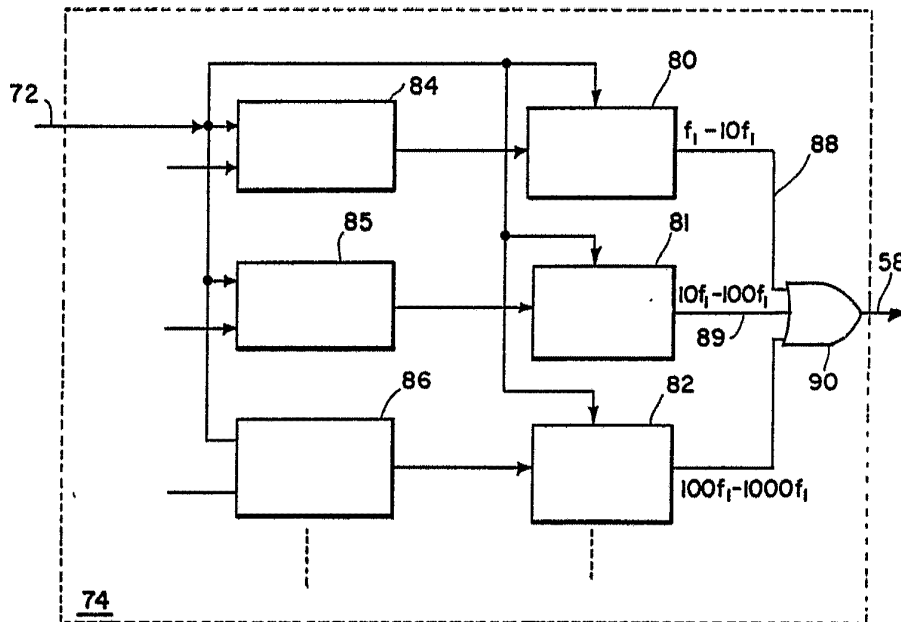
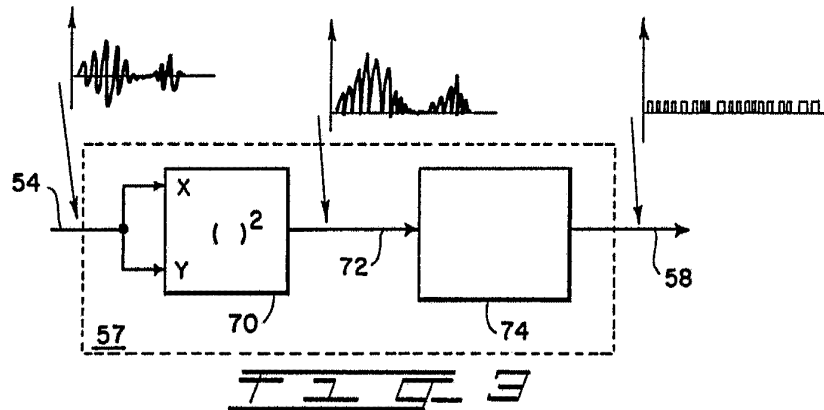


$T \sim I_G \approx$

ESCALA
VARIABLE
NOV. 1976

Mazda

[Handwritten signature]



ESCALA
VARIABLE

MARCA - 4 NOV 1975

[Handwritten signature]

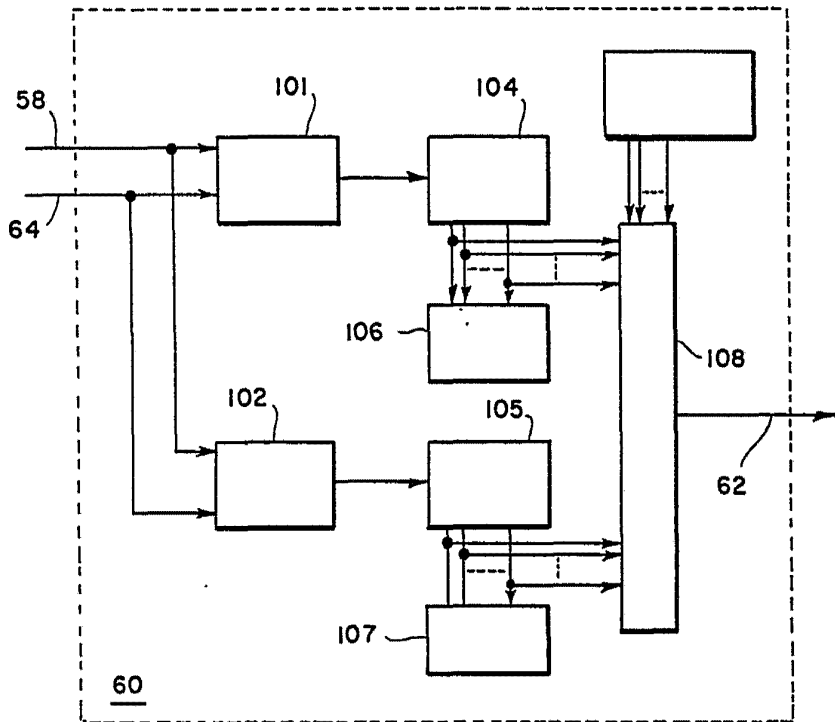


FIG. 5

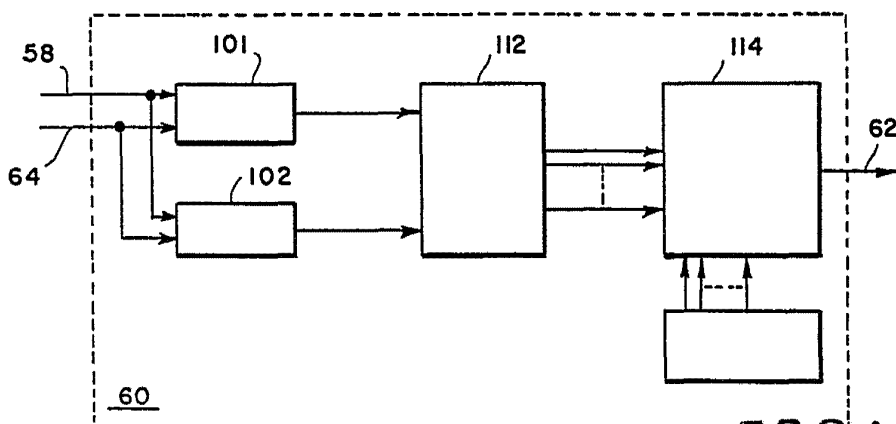


FIG. 6

ESCALA
VARIABLE

Madrid - 4 NOV 1976