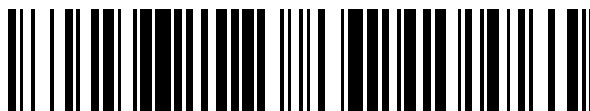


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 633**

51 Int. Cl.:
B23K 9/095 (2006.01)
B23K 9/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09752296 .5**
96 Fecha de presentación: **11.11.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2265405**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2010**

54 Título: **Método y aparato para determinar variables eléctricas de un circuito de soldadura**

30 Prioridad:
17.11.2008 DE 102008058753

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2012

73 Titular/es:
Newfrey LLC
1207 Drummond Plaza
Newark, Delaware 19711, US

72 Inventor/es:
SCHMITT, Klaus-Gisbert;
SCHULZ, Udo;
SCHMIDT, Wolfgang y
SCHEFFLER, Heiko

74 Agente/Representante:
Isern Jara, Jorge

ES 2 378 633 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para determinar variables eléctricas de un circuito de soldadura

5 El presente invento se refiere a un método para determinar las variables eléctricas de un circuito de soldadura que se conecta a un dispositivo de suministro de energía eléctrica. El presente invento se refiere también a un método para controlar un proceso de soldadura, y a un aparato de soldadura tal como una instalación de soldadura de espárragos.

10 Una instalación de soldadura de espárragos para soldar espárragos sobre piezas de trabajo utilizando un arco que se crea en el curso de la soldadura por arco dibujado tiene un dispositivo de suministro de energía que se conecta a una cabeza de soldadura, que sujeta el espárrago, vía por lo menos de una línea de conexión que forma parte de un circuito de soldadura, y además tiene un dispositivo de control.

15 En instalaciones de soldadura de espárragos modernas el voltaje del arco se mide con el fin de permitir controlar mejor el proceso y los resultados de soldadura que han de verificarse.

20 Con el fin de medir el voltaje del arco se conoce disponer líneas de medición paralelas a las líneas de conexión desde el dispositivo de suministro de energía a la cabeza de soldadura. Esto permite medir directamente el voltaje del arco entre el porta espárragos y las conexiones a tierra sobre la pieza de trabajo. Este método es muy preciso pero es susceptible de fallos mecánicos y puede necesitar tiempos de interrupción para rectificar el fallo.

25 La medición del voltaje del arco directamente en los terminales de salida del dispositivo de suministro de energía es altamente susceptible de errores. Esto se debe a que la línea de conexión a la cabeza de soldadura incluye una resistencia eléctrica (resistencia no reactiva) y una inductancia. Cuando se llevan a cabo mediciones en los terminales de salida del dispositivo de suministro de energía, se mide también la caída de voltaje través de la resistencia y la inductancia. Esto puede causar errores de medición de mas del 50%.

30 Se conoce también la medición de la resistencia del circuito de soldadura por medio de un circuito eléctrico adicional. En este caso la caída de voltaje a través de la resistencia del circuito de soldadura se sustrae del voltaje medido en los terminales de salida del dispositivo de suministro de energía, resultando así en un voltaje de arco calculado cuya inexactitud está causada principalmente por la ignorancia de la caída de voltaje a través de la inductancia del circuito de soldadura.

35 El documento EP 1 183 125 B1 describe un método para determinar el voltaje del proceso de soldadura, en donde el voltaje del proceso de soldadura se determina entre una pieza de trabajo y un quemador de soldadura para soldadura de arco continuo con un electrodo consumible. El voltaje del proceso de soldadura se calcula en tiempo real teniendo en cuenta las variables de distorsión que comprenden la inductancia y resistencia de una instalación de soldadura, utilizando una ecuación de malla, determinándose la inductancia y la resistencia con los métodos de medición estáticos. El cálculo estático de las variables de perturbación puede llevarse a cabo en este caso cuando se crea un cortocircuito entre el electrodo y la pieza de trabajo.

45 La DE 10 2005 053 438 A1 describe un método para verificar la calidad durante la soldadura de espárragos sobre componentes eléctricamente conductores. En ese caso, después del tiempo de soldadura, se mantiene la fuerza de presión que presiona el espárrago sobre el componente, pasando una corriente de prueba, después de un tiempo de espera seguido del tiempo de soldadura, durante un tiempo de prueba específico a través de un transformador de soldadura, en particular un impulso de corriente de prueba constante. Se determina la corriente de prueba que fluye a través del espárrago como resultado del impulso de la corriente de prueba y se compara el valor de la corriente de prueba con valores comparativos previamente determinados con el fin de comprobar la calidad de la soldadura que se produce.

50 La US 6 359 258 B1 describe un método para determinar la resistencia e inductancia eléctrica de un circuito de soldadura. Otro ejemplo de este método se conoce por la WO 2007/132362 A2.

55 Frente al objetivo anterior un objeto del presente invento es especificar un método mejor y un aparato mejor para determinar las variables eléctricas de un circuito de soldadura, que sea particularmente apropiado para instalaciones de soldadura de espárragos.

60 El objeto anterior se obtiene con un método para determinar variables eléctricas de un circuito de soldadura de conformidad con la reivindicación 1.

65 Instalaciones de soldadura de espárragos, que operan utilizando el método de soldadura de arco dibujado incluyen la capacidad de, ante todo, pasar una corriente relativamente pequeña de, por ejemplo, 20 amperios, a través del circuito de soldadura, por medio de lo cual puede impartirse el arco. La corriente de soldadura actual (hasta 2000 amperios) se fija solo después que esto se ha realizado. Las instalaciones de soldadura de espárragos modernas hacen posible producir corriente de predilección o piloto para la producción del arco de corriente piloto así como la

- 5 corriente de soldadura para el proceso de soldadura actual con la ayuda de una fuente de energía simple. Debido a que la corriente piloto es muy pequeña en comparación con la corriente de soldadura, la corriente piloto debe establecerse por medio de una gran inductancia, que es parte de un circuito de entrada. El circuito de entrada se puentea por medio de un interruptor al inicio de la corriente de soldadura, con el fin de no limitar el ratio de elevación de la corriente de soldadura. La inductancia del circuito de entrada puede ser unas 10.000 veces mayor que la inductancia del circuito de soldadura.
- 10 Debido a que la primera variable eléctrica del circuito de soldadura se determina en la etapa a), entonces la inductancia del circuito de soldadura puede ignorarse por este motivo. Así pues puede calcularse la primera variable eléctrica ignorando la inductancia del circuito de soldadura. A título de ejemplo esto puede llevarse a cabo utilizando ecuaciones de malla que son de por sí conocidas. En la etapa b) se determina la segunda variable eléctrica, cuando se puentea el circuito de entrada, o sea la inductancia del circuito de entrada tampoco se incluye en la medición.
- 15 Debido a que las variables eléctricas del circuito de soldadura pueden determinarse de este modo, puede calcularse fácilmente y con precisión el voltaje del arco sin ninguna complejidad de implementos adicionales. No es precisa ninguna línea de medición para la cabeza de soldadura.
- 20 De conformidad con el invento el método de determinación antes descrito puede utilizarse también en un método para controlar un proceso de soldadura. Además el método de determinación puede utilizarse en un aparato de soldadura que tenga un dispositivo de suministro de energía y un dispositivo de control que estén diseñados para llevar a cabo el método de determinación.
- 25 El objeto anterior se obtiene adicionalmente con un aparato de soldadura de la reivindicación 13, que tiene un dispositivo de control diseñado para llevar a cabo el método de determinación de conformidad con el invento.
- 30 En una modalidad preferida del método de controlar un proceso de soldadura, un modelo matemático del circuito de soldadura forma un observador de control y con por lo menos un parámetro de soldadura fijado como una función de una variable de estado contenida en el observador.
- 35 De conformidad con el invento la primera variable eléctrica es la resistencia eléctrica del circuito de soldadura.
- Esto se debe a que la inductancia del circuito de soldadura es muy inferior a la inductancia del circuito piloto, y por consiguiente puede ignorarse en la determinación de la resistencia eléctrica.
- 40 De conformidad con el invento, adicionalmente, la segunda variable eléctrica es la inductancia del circuito de soldadura.
- Cuando se puentea el circuito de entrada la inductancia del circuito de entrada es inefectivo, como resultado de lo cual puede determinarse la inductancia del circuito de soldadura.
- 45 En conjunto es también preferible llevar a cabo la etapa a) y/o la etapa b) en el curso de un proceso de soldadura.
- Esto permite determinar las variables eléctricas del circuito de soldadura "online", o sea en tiempo real relativo al proceso de soldadura actual. Por consiguiente es posible asegurar que las variables eléctricas se determinan correctamente al mismo tiempo que el proceso de soldadura.
- 50 Es particularmente ventajoso en este caso que la etapa a) se lleve a cabo cuando se cortocircuita un voltaje de soldadura y se activa la corriente piloto.
- A título de ejemplo esto puede llevarse a cabo en el curso de un proceso de soldadura de espárragos cuando el espárrago se dispone sobre la pieza de trabajo y se conmuta la corriente piloto, o sea poco antes de la formación del arco.
- 55 De conformidad con una modalidad preferida adicional la etapa b) se lleva a cabo cuando se cortocircuita un voltaje de soldadura y antes de aumentarse la corriente de la corriente piloto a la corriente de soldadura.
- 60 En este caso la etapa b) se lleva a cabo en el caso de un proceso de soldadura de espárragos, por ejemplo, cuando se dispone el espárrago sobre la pieza de trabajo y se activa la corriente piloto. En este caso se puentea el circuito de entrada para el fin de determinar la segunda variable eléctrica. En este caso se puentea de preferencia el circuito de soldadura durante un periodo de tiempo de medición corto con el fin de permitir subsiguientemente que el espárrago se levante de la pieza de trabajo, para soldadura de arco dibujado cuando el circuito de entrada no se puentea de nuevo. Esto se debe a que, en este caso, la inductancia relativamente alta del circuito de entrada es necesaria para estabilizar la corriente.
- 65 De preferencia se utiliza un tiristor para puentear el circuito de entrada. Este admite la conmutación "con carga" con el fin de iniciar el periodo de tiempo de medición. En este caso, una vez ha terminado el periodo de tiempo de

medición puede ser necesario reducir brevemente la corriente piloto a cero de nuevo, debido a que un tiristor en general no puede apagarse con carga. Esto no es problema cuando se utiliza un suministro de energía del modo conmutado por reloj, como se utiliza en dispositivos de suministro de energía modernos.

5 El período de tiempo de medición se refiere en el caso presente como la determinación del periodo de tiempo.

De conformidad con la modalidad antes descrita la segunda variable eléctrica se determina de preferencia antes de activarse la corriente de soldadura. De conformidad con una modalidad alternativa, es posible llevar a cabo la etapa b) mientras cae la corriente de soldadura, o sea después que se ha conmutado la corriente de soldadura, y después que el voltaje de soldadura se ha cortocircuitado de nuevo.

10 En el caso de un proceso de soldadura de espárragos, por ejemplo, este puede realizarse tan pronto como el espárrago ha descendido sobre la pieza de trabajo después de la fusión de las superficies. En este caso el arco, o sea el voltaje de soldadura, se cortocircuita. Si bien la corriente en este caso se desconecta generalmente de forma inmediata, sin embargo cae de forma relativamente lenta, debido a la inductancia en el circuito de soldadura. La etapa b) puede llevarse a cabo hasta el tiempo en que la corriente de soldadura ha caído de nuevo a cero.

15 Si bien es preferible determinar las variables eléctricas del circuito de soldadura durante el curso de un proceso de soldadura es también posible, evidentemente, llevar a cabo la etapa a) y/o la etapa b) antes o después de un proceso de soldadura, es decir "offline" (fuera de línea). En este caso, las variables eléctricas pueden, si se requiere, determinarse por completo de forma independiente de un proceso de soldadura, o sea por ejemplo cada 10, 100 o 1000 procesos de soldadura. Debido a que las variables eléctricas no cambian en general rápidamente, puede ser suficiente determinarlas solo a intervalos tales como estos.

20 Es particularmente preferible el resultado de la etapa a) para determinar la primera variable eléctrica para ser utilizada en la etapa b) para determinar la segunda variable eléctrica.

25 Debido a que en la etapa b) a título de ejemplo, tanto la resistencia como la inductancia están presentes en el circuito de soldadura y la inductancia no es despreciable, la inductancia puede establecerse de modo simple, en caso de que ya se haya determinado la resistencia.

30 En el método para controlar un proceso de soldadura utilizando las variables eléctricas del circuito de soldadura determinado de conformidad con el invento, es posible, por ejemplo, identificar cambios en el di/dt de la corriente de soldadura que se producen por cambios en las variables eléctricas. Cambios tales como estos pueden luego compensarse mediante el alargamiento o acortamiento de los tiempos de soldadura, para ser precisos "online" (en línea) y en una base relacionada con la posición.

35 Además, pueden identificarse cambios en la dI/dt de la corriente de soldadura que están motivados por cambios en el voltaje de soldadura, en particular en el voltaje de arco, para ser precisos en particular cuando la corriente es constante. Estos cambios pueden una vez mas ser compensados en forma correspondiente, como se ha descrito antes.

40 Además, cuando se conocen las variables del circuito de soldadura, el evento de disparo del proceso de soldadura, controlado por el voltaje de soldadura, en particular el voltaje de arco, puede llevarse a cabo mas fácilmente, por ejemplo, identificación del cortocircuito. En el caso de cortocircuitos, el evento de disparo durante la soldadura puede utilizarse para desconectar la corriente de soldadura muy rápidamente, de preferencia en intervalos de tiempo de <1 a $10 \mu s$, y así reducirlo en tanto que el disparo del cortocircuito entre el espárrago y la pieza de trabajo pueda llevarse a cabo suavemente y sin ninguna explosión mayor en la conexión líquido cortocircuito. Además, pueden producirse eventos de disparo en la corriente de soldadura al conmutarse de nuevo al nivel original o en un nivel diferente, disparándose inmediatamente el cortocircuito después de producirse un nuevo arco. Esto puede realizarse a intervalos de $<1 \mu s$ a $100 \mu s$.

45 Ambos se realizan convenientemente con la ayuda de un circuito de transistor de semi-puente o de puente completo con reloj en la unidad de suministro de energía, cuya frecuencia de reloj puede estar entre 20 kHz y 200 kHz.

50 Además, las variables eléctricas determinadas de este modo pueden integrarse en el controlador de parámetros del circuito de soldadura con el fin de que sea posible establecer consideraciones entorno de las operaciones de servicio o mantenimiento necesarias para el circuito de soldadura o la instalación de soldadura de espárragos.

55 En general es particularmente preferible que el método de conformidad con el invento, pueda llevarse a cabo para la determinación de variables eléctricas sin necesidad alguna de complejos implementos adicionales. En efecto, los dispositivos de suministro de energía que están presentes en cualquier caso en particular en instalaciones de soldadura de espárragos, incluyendo el circuito de entrada contenido en estas e incluyendo la conmutabilidad del circuito de entrada, se utilizan para llevar a cabo el método de conformidad con el invento.

60 El dispositivo de suministro de energía contiene, de preferencia, una fuente de energía temporizada, que produce la corriente de soldadura como corriente continua y/o como corriente alterna.

Es evidente que las características antes citadas y las características que han de exponerse todavía en el siguiente texto pueden utilizarse no solo en la combinación expuesta respectivamente sino también en otras combinaciones o de por si mismas sin apartarse del alcance del presente invento.

5 En la descripción que sigue se expondrán con mas detalle realizaciones de ejemplo del invento, y se ilustran en los dibujos, en donde:

La figura 1 muestra una ilustración esquemática de una instalación de soldadura de vástagos;

10 La figura 2 muestra un diagrama de circuito de las variables eléctricas de un circuito de entrada de un dispositivo de suministro de energía de un circuito de soldadura;

15 La figura 3 muestra una ilustración esquemática de un dispositivo de suministro de energía eléctrica con un observador de control; y

20 La figura 4 muestra diagramas de temporización del movimiento del espárrago, de la corriente, del voltaje de arco, de la posición del conmutador de un circuito de entrada y de la determinación de los periodos de tiempo durante un proceso de soldadura.

En la figura 1 se indica con 10, en general, una instalación de soldadura de vástagos. La instalación de soldadura de vástagos 10 se utiliza en cada caso para soldar un espárrago 12 constituido por un material eléctricamente conductor a una pieza de trabajo 14 constituida por un material eléctricamente conductor.

25 La instalación de soldadura de espárragos 10 contiene un robot 16 que tiene por lo menos un brazo 18. Una cabeza de soldadura 20 se dispone en el extremo del brazo 18. Un porta-espárragos eléctricamente conductor 22 se proporciona en la cabeza de soldadura 20, y en cada caso retiene un espárrago 12 que ha de soldarse.

30 Como alternativa la cabeza de soldadura 20 puede proporcionarse también sobre una pistola de soldadura que opera manualmente.

35 Además la instalación de soldadura de espárragos 10 contiene un dispositivo de suministro de energía 24, conteniendo dispositivos electrónicos de energía 26 con el fin de proporcionar una fuente de corriente. El dispositivo de suministro de energía 24 tiene terminales de salida 28a, 28b en donde se proporciona un voltaje de circuito de soldadura.

El dispositivo de suministro de energía 24 tiene un dispositivo de control asociado 30 que controla el modo de operar el proceso de soldadura.

40 El circuito de soldadura 32 se conecta a los terminales de salida 28a, 28b y contiene por lo menos una línea de conexión 34 desde el dispositivo de suministro de energía 24 a la cabeza de soldadura 20. En general los dos terminales de salida 28a, 28b pueden conectarse a la cabeza de soldadura 20 vía respectivas líneas de conexión.

45 Como alternativa uno de los terminales de salida (28b) se conecta a tierra 36, como se ilustra en la figura 1.

En este caso la pieza de trabajo 14 se conecta asimismo a tierra 36, como se ilustra también en la figura 1.

Un arco que se forma durante el proceso de soldadura de espárragos se muestra en 38.

50 La figura 2 muestra un diagrama de circuito de una parte del dispositivo de suministro de energía 24 y del circuito de soldadura 32.

Debido a la línea de conexión 34, el circuito de soldadura 32 tiene, esencialmente, una inductancia L3 y una resistencia eléctrica R3. Cuando se forma un arco entre el espárrago 12 y la pieza de trabajo 14, cae un voltaje de arco U1 a través de este arco 38. Durante el curso del proceso de soldadura, una corriente piloto I_p o una corriente de soldadura I₃ fluye a través del circuito de soldadura 32.

55 El dispositivo de suministro de energía 24 tiene dispositivos electrónicos de energía, que no se ilustran con mas detalle pero proporcionan una corriente a dos terminales (mostrados en la izquierda de la figura 2). Un diodo D1 se conecta en paralelo con los terminales. Además, el dispositivo de suministro de energía 24 contiene una inductancia L1 si bien, en el presente caso, esta puede ignorarse.

60 Una resistencia de medición R1 y un circuito de entrada 40 se conectan en serie entre el diodo D1 y los terminales de salida 28a, 28b. Se produce una caída de voltaje UR1 a través de la resistencia de medición R1. Debido a que la resistencia R1 es conocida la corriente que fluye en cada caso en el circuito de soldadura 32 puede determinarse a partir de la medición del voltaje UR1. Se conecta en paralelo un dispositivo de medición para medir el voltaje del circuito de soldadura U_{sk} con los terminales de salida 28a, 28b. El circuito de entrada 40, que se dispone entre la

resistencia de medición R1 y uno de los terminales de salida 28a, contiene una inductancia muy alta L2 y un resistor R2. El circuito de entrada 40 puede puentearse por medio de un interruptor S1.

5 Las variables conocidas del diagrama de circuito ilustrado son L1, R1, R2, la caída de voltaje UD1 a través del diodo D1, la caída de voltaje UR1 a través de la resistencia R1, y el voltaje del circuito de soldadura USK. Es importante conocer el voltaje de arco respectivo UL con tanta precisión como sea posible, con el fin de controlar el proceso de soldadura. Como se ha descrito inicialmente este puede medirse por medio de un dispositivo de medición apropiado con terminales de medición directamente sobre el espárrago 12 (o el portaespárragos 22) y sobre la pieza de trabajo 14. En el caso presente, el voltaje de arco UL puede determinarse, no obstante, en una forma similarmente precisa midiendo justo el voltaje del circuito de soldadura USK. Una condición previa para esto es que las variables eléctricas respectivas del circuito de soldadura 32 sean conocidas, o sea la inductancia L3 y la resistencia R3.

15 La resistencia R3 puede determinarse calculando con el interruptor S1 abierto mediante la formulación de una ecuación de malla, para ser precisa cuando el arco está cortocircuitado (o sea $UL = 0$).

Para esta situación la caída de voltaje UL3 a través de la inductancia es inapreciable y se fija a cero dado que $L2 \gg L3$.

20 Por consiguiente la ecuación de malla es como sigue:

$$ULI + UDI + UR1 + UL2 + UR3 = 0 \text{ o}$$

$$Usk + UR3 = 0$$

25 Debido a que la corriente que fluye a través del circuito de soldadura 32 se conoce mediante la medición de UR1 puede determinarse el voltaje UR3 a partir de esta ecuación y por consiguiente puede determinarse también la resistencia eléctrica R3 a partir de esta, utilizando $U = R \cdot I$.

30 En una segunda etapa para la determinación de la inductancia L3, el conmutador S1 se cierra. En este caso el arco está todavía en cortocircuito (o sea $UL = 0$).

En esta situación la ecuación de malla es entonces:

$$ULI + UDI + UR1 + UL3 + UR3 = 0 \text{ o}$$

$$Usk + UL3 + UR3 = 0$$

35 Debido a que R3 y consiguientemente UR3 son conocidos, L3 se determina, por consiguiente, mediante cálculo utilizando la ecuación $UL3 = L3 \cdot di/dt$.

40 Una vez que L3 y R3 se han determinado el voltaje de arco UL puede determinarse en forma simple, cuando el arco está quemando, a partir de la ecuación de malla siguiente:

$$Usk + UL3 + UR3 + UI = 0$$

45 La figura 3 muestra, de forma esquemática, la opción de integración de un observador en el proceso de control de soldadura.

50 Pueden determinarse modelos matemáticos para el circuito de soldadura 32 y, si se requiere, para el dispositivo de suministro de energía 24 y puede ser la materia de objeto de un observador de control 44. El observador 44 en este caso simula matemáticamente el estado de variables que en cada caso existen en el proceso de soldadura, en paralelo con el proceso de soldadura actual. Esto permite determinar aún aquellas variables que no pueden registrarse directamente mediante medición por medio de las variables de estado de observador. El principio fundamental de un observador de control 44 es conocido. El estado de las variables se determina a partir de la entrada medible y variables de salida del observador 44. El estado de las variables que se utilizan y calculan en el observador 44 pueden utilizarse para determinar el control de soldadura, para ser preciso en su derecho propio o en una forma redundante, o para comprobar la plausibilidad de los resultados de medición.

55 Debido a que un gran número de componentes con sus propias tolerancias y dependencias influyen el proceso de soldadura esta dependencia puede reducirse y en el caso ideal eliminarse, mediante el observador 44.

60 La figura 4 muestra un proceso de soldadura 42 y la opción de integración de periodos de tiempo de determinación para determinar las variables eléctricas del circuito de soldadura, en una forma esquemática.

En la figura 4, B denota el movimiento de espárrago con respecto a la pieza de trabajo 14. Cuando este es cero el espárrago 12 está tocando la pieza de trabajo 14.

65 Los valores de la corriente de soldadura I_s y los valores de la corriente piloto I_p se trazan en el diagrama de tiempo de la corriente i . En una forma correspondiente el voltaje de arco en el diagrama es UL. Las magnitudes relativas

de los voltajes de arco y de las corrientes no se muestran a escala, sino que se distorsionan con el fin de ilustrarlas mejor.

5 En el diagrama S1 representa la posición del interruptor S1. Por último la determinación de los periodos de tiempo se trazan en el diagrama M.

10 El proceso de soldadura de espárragos se lleva a cabo en primer lugar haciendo descender el espárrago 12 sobre la pieza de trabajo 14 hasta que encuentra la pieza de trabajo 14 (tiempo t1). La corriente piloto Ip se conmuta luego (en el tiempo t2).

15 En el tiempo t7, el espárrago 12 se levanta de la pieza de trabajo 14, de modo que se produce un arco y se crea un voltaje de arco correspondiente ULP. El circuito de entrada se puentea en un tiempo t8 es decir el conmutador S1 se cierra. Luego aumenta la corriente hasta la corriente de soldadura IS (en el tiempo t9). La corriente de soldadura relativamente alta de hasta 2000 amperios resulta en la fusión de las superficies mutuamente opuestas del espárrago y de la pieza de trabajo 14. En un tiempo t10, desciende de nuevo el espárrago 12 sobre la pieza de trabajo 14, para ser precisos hasta por debajo de la posición nula, con el fin de mezclar a fondo las fusiones (tiempo t10). Luego se interrumpe la corriente de soldadura. Tan pronto como esta corriente de soldadura es cero el interruptor S1 puede también abrirse de nuevo (tiempo t11).

20 La determinación de la resistencia eléctrica R3 puede llevarse a cabo en un periodo de tiempo de determinación TR que se inicia en un tiempo t3, o sea cuando la corriente piloto Ip se conmuta y el voltaje de arco UL está todavía cortocircuitado. El periodo de tiempo de determinación Tg termina en t4.

25 Después de esto puede determinarse la inductancia L3 en un segundo periodo de tiempo de determinación TL, o sea desde un tiempo t5 a un tiempo t6. En este caso también el voltaje de arco UL está todavía cortocircuitado. En este caso el interruptor S1 se cierra para el periodo de tiempo de determinación TL. Después del periodo de tiempo de determinación TL, se abre de nuevo el interruptor S1, con el fin de estabilizar la corriente en el tiempo t7, cuando se forma el arco. En caso que el interruptor S1 sea en forma de un tiristor, puede ser necesario reducir brevemente la corriente piloto Ip a cero de nuevo con el fin conmutar el tiristor sin que reciba ninguna carga, con el fin de que pueda abrirse en t6. Esto se ilustra esquemáticamente en el diagrama de la corriente. Además, el diagrama de la corriente muestra que la corriente puede cambiarse durante el periodo de tiempo de determinación TL, con el fin de permitir la medición de la inductancia en base del cambio en la corriente (dl/dt).

35 La figura 4 muestra también que la inductancia L3 puede determinarse también entre los tiempos t10 y t11 (periodo de tiempo de determinación TL').

40 El registro de medición de los voltajes UR1 y USK se lleva a cabo convenientemente fuera de los procesos de encendido y apagado de los transistores de energía en el dispositivo de suministro de energía, para ser precisos de preferencia por lo menos dos veces durante el intervalo de tiempo en donde los transistores se encienden y apagan de forma fiable. Esto permite también la determinación de los valores dl/dt requeridos para el cálculo, y los valores medios de Ip e IS.

45 Las mediciones para el registro y cálculo de los perfiles de tiempo no precisan llevarse a cabo junto con la frecuencia de conmutación de los transistores de energía 1:1, sino que pueden reducirse mediante un factor de hasta 1:10, dependiendo de la exigencia de resolución.

50 Como se ha descrito antes las mediciones para el cálculo de R3 pueden llevarse a cabo en la fase cortocircuitada antes de formarse el arco. Las mediciones para el cálculo de L3 pueden llevarse a cabo en esta fase de cortocircuito antes de la formación del arco, o en la fase de cortocircuito después del apagado del arco como se ha descrito antes con referencia de TL y TL'.

Los perfiles de tiempo pueden calcularse en estado de desconexión después de terminar el proceso de soldadura para valoración mediante el control del parámetro de soldadura, o en estado de conexión, o sea durante el proceso de soldadura, con el fin de llevar a cabo el control del proceso.

55 El cálculo de la corriente de soldadura puede tener en cuenta el calentamiento de la resistencia R1 como resultado del nivel de corriente y duración del flujo de corriente.

60 No es precisa la determinación de R3 y L3 antes de cada proceso de soldadura de espárrago. En las instalaciones automáticas con procesos de movimientos reproducibles de la soldadura y líneas a tierra, es también permisible llevar a cabo estas mediciones en base relativa a posición solo cada 10, 100 o 1000 procesos de soldadura. Cambios en la resistencia R3 pueden determinarse en el curso del control de parámetros de soldadura, conduciendo así a un requerimiento de "mantenimiento preventivo" cuando, como resultado de fatiga, la resistencia R3 se ha vuelto tan grande que en breve no será posible llevar a cabo soldaduras de espárragos exitosas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para determinar las variables eléctricas (R3, L3) de un circuito de soldadura (32) que se conecta a un dispositivo de suministro de energía eléctrica (24) que está destinado a proporcionar una corriente de soldadura (IS) o una corriente piloto menor (Ip), teniendo el dispositivo de suministro de energía (24) un circuito de entrada (40) para proporcionar la corriente piloto (Ig), cuyo circuito de entrada (40) está puenteado con el fin de proporcionar la corriente de soldadura (IS), que tiene las etapas siguientes:
- 10 a) determinar una resistencia eléctrica (R3) del circuito de soldadura (32) cuando el circuito de entrada (40) no está puenteado, y
 b) determinar una inductancia (L3) del circuito de soldadura (32) cuando el circuito de entrada (40) está puenteado.
- 15 2. Método, de conformidad con la reivindicación 1, presentando el circuito de entrada una inductancia (L2) que es mucho mayor que la inductancia del circuito de soldadura (L3).
- 20 3. Método de conformidad con una de las reivindicaciones 1 o 2, llevándose a cabo la etapa a) y/o b) en el curso de un proceso de soldadura (42).
4. Método, de conformidad con la reivindicación 3, llevándose a cabo la etapa a) cuando se cortocircuita un voltaje de soldadura (UL) y se establece la corriente piloto (Ip).
- 25 5. Método de conformidad con la reivindicación 3 o 4, llevándose a cabo la etapa b) cuando se cortocircuita un voltaje de soldadura (UL) y antes de aumentar la corriente de la corriente piloto (Ip) a la corriente de soldadura (IS).
6. Método, de conformidad con la reivindicación 5, puenteándose el circuito de entrada (40) para un periodo de tiempo de determinación (TL) con el fin de llevar a cabo la etapa b).
- 30 7. Método, de conformidad con la reivindicación 3 o 4, llevándose a cabo la etapa b) mientras decrece la corriente de soldadura (IS) después que la corriente de soldadura (IS) se ha establecido y después que una vez mas se cortocircuita, de nuevo, un voltaje de soldadura (UL).
- 35 8. Método, de conformidad con una de las reivindicaciones 1 o 2, llevándose a cabo la etapa a) y/o la etapa b) antes o después de un proceso de soldadura (42).
9. Método, de conformidad con una de las reivindicaciones 1 a 8, siendo utilizado el resultado de la etapa a), para determinar la primera variable eléctrica (R3), en la etapa b) para determinar la segunda variable eléctrica (L3).
- 40 10. Método par controlar un proceso de soldadura utilizando variables eléctricas (R3, L3) de un circuito de soldadura (32) que incluye la determinación de dichas variables eléctricas (R3), (L3) utilizando un método de conformidad con una de las reivindicaciones 1 a 9.
- 45 11. Método para controlar un proceso de soldadura (42) de conformidad con la reivindicación 10, con un modelo matemático del circuito de soldadura que forma un observador de control (44) y fijándose por lo menos un parámetro de soldadura como una función de una variable de estado contenida en el observador (44).
- 50 12. Método, de conformidad con la reivindicación 11, conteniendo también el observador un modelo matemático de dispositivos electrónicos de energía (26) que se utilizan para conducir el circuito de soldadura (32).
- 55 13. Aparato para soldar, que tiene un dispositivo de suministro de energía eléctrica (24) que está diseñado para proporcionar una corriente de soldadura (IS) o una corriente piloto inferior (Ip), teniendo el dispositivo de suministro de energía (24) un circuito de entrada para proporcionar la corriente piloto (Ip), cuyo circuito de entrada se puentea con el fin de proporcionar la corriente de soldadura (IS), y teniendo un dispositivo de control (30), que está diseñado para llevar a cabo el método de conformidad con una de las reivindicaciones 1 a 12.
- 60 14. Aparato de conformidad con la reivindicación 13, siendo el aparato de soldadura una instalación de soldadura de espárragos (10) para la soldadura de espárragos (12) sobre piezas de trabajo (14) utilizando un arco (38) que se forma en el curso de soldadura de arco dibujado, conectándose el dispositivo de suministro de energía 24 a una cabeza de soldadura (20), que soporta el espárrago (12), vía por lo menos una línea de conexión (34) que forma parte de un circuito de soldadura (32).

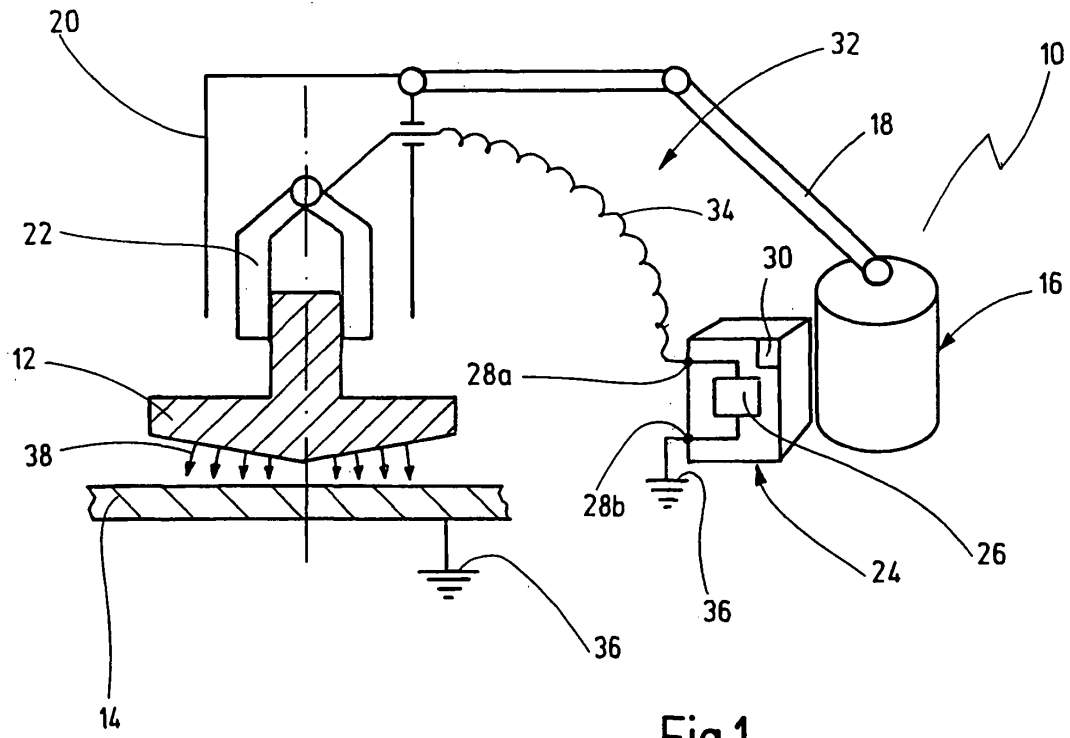


Fig.1

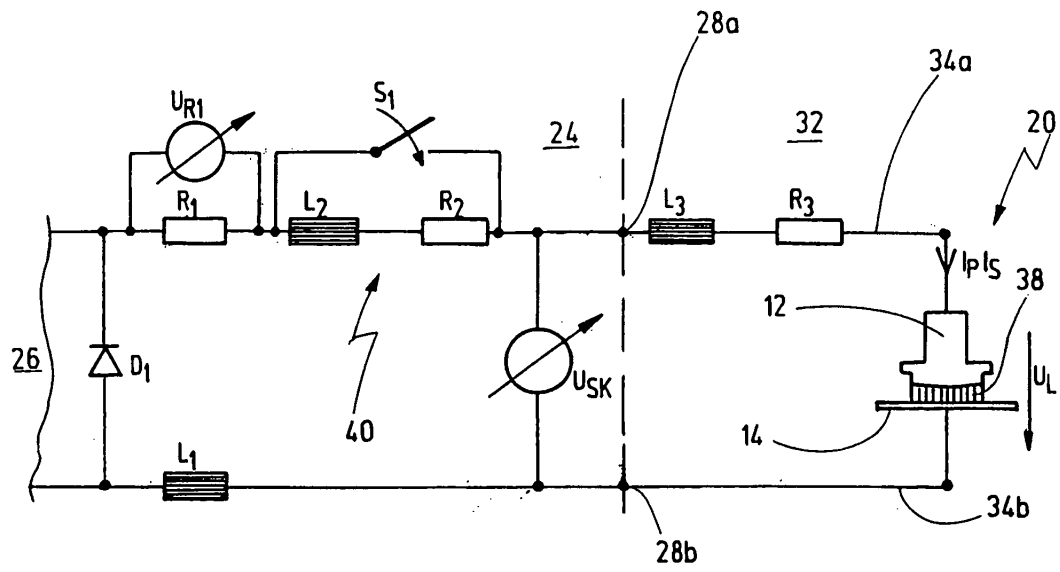


Fig.2

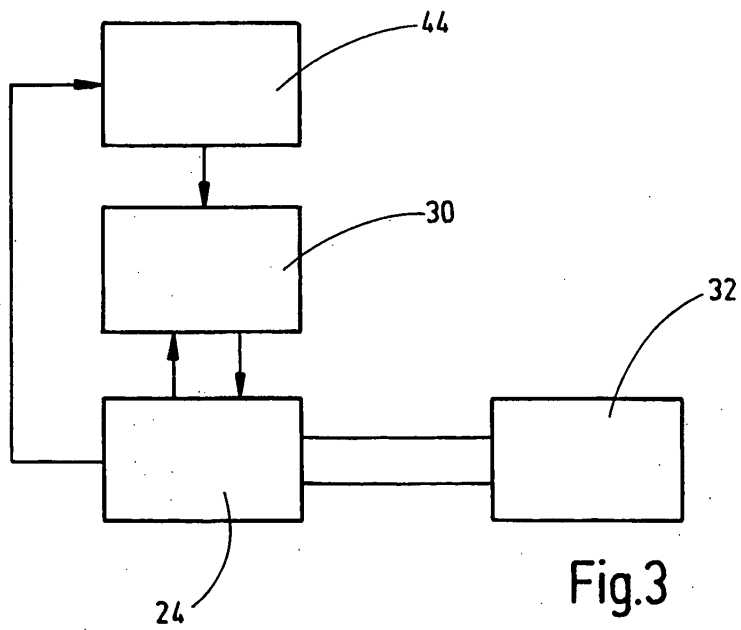


Fig.3

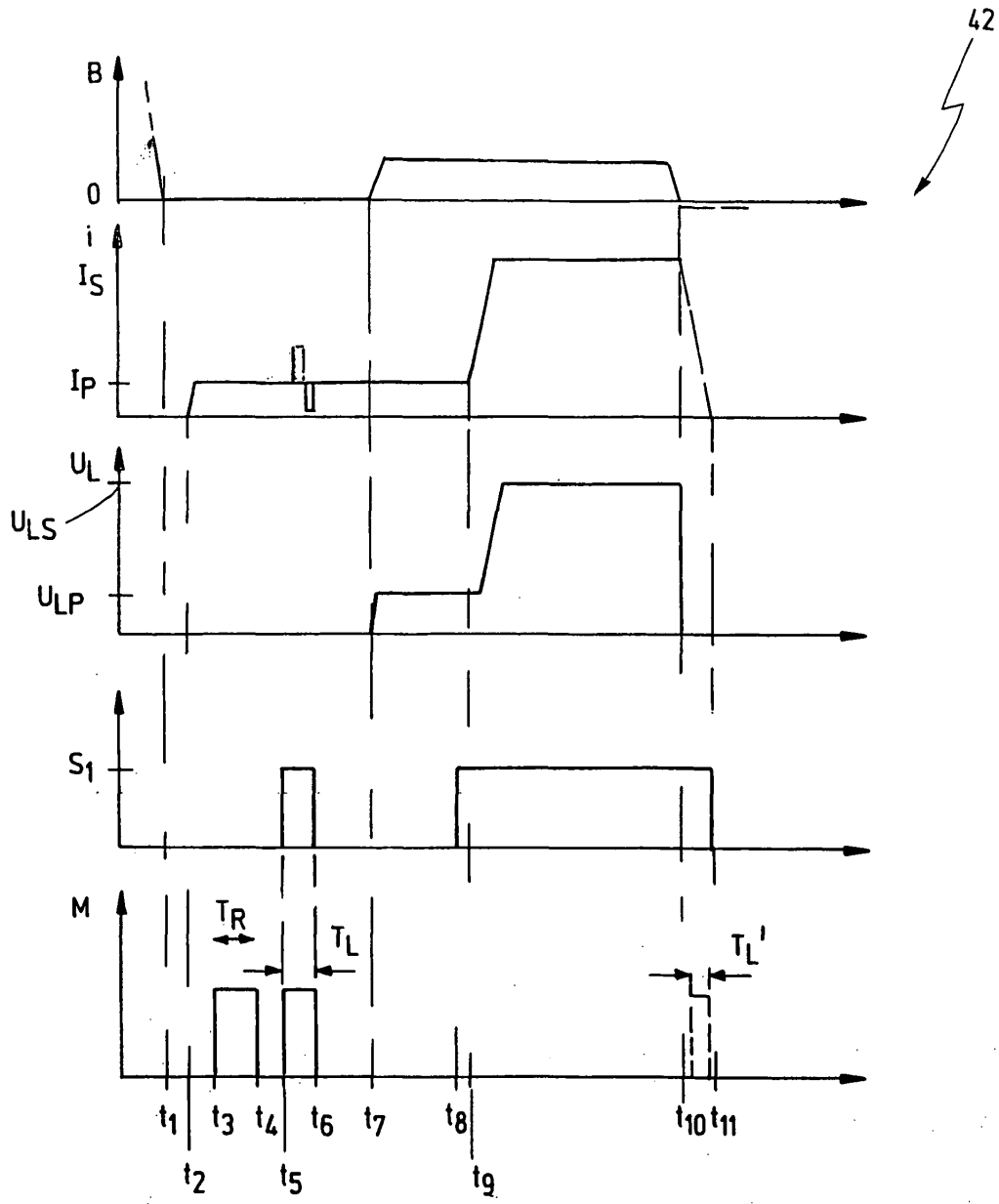


Fig.4