



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 314 503**

51 Int. Cl.:
B23K 11/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05004398 .3**

96 Fecha de presentación : **01.03.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1582285**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.10.2005**

54 Título: **Procedimiento para la soldadura eléctrica por resistencia así como para la valoración de la calidad de una unión soldada.**

30 Prioridad: **29.03.2004 DE 10 2004 015 704**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2009

73 Titular/es:
**Cosytronic Computer-System-Electronic GmbH
Kottinger Weg 118
57537 Wissen/Sieg, DE
MICOM Technologie Gesellschaft für Automation
mbH & Co. KG.**

72 Inventor/es: **Heinz, Heribert y
Rennau, Wolfram**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 314 503 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).

ES 2 314 503 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la soldadura eléctrica por resistencia así como para la valoración de la calidad de una unión soldada.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la soldadura eléctrica por resistencia así como para la valoración de la calidad de una unión soldada de al menos dos elementos de chapa mediante un dispositivo de soldadura con electrodos móviles en sentido opuesto, un husillo accionado por electricidad para mover al menos uno de los dos electrodos, elementos para generar la corriente de soldadura, un sensor de fuerza dispuesto en la pinza de soldadura para registrar un valor real de la fuerza entre ambos electrodos, un control para el dispositivo de soldadura, así como un regulador de posición para el husillo accionado por electricidad, determinándose la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura y almacenándose en el control de pinza.

15 La soldadura eléctrica por resistencia, denominada también soldadura a presión por resistencia, se puede automatizar bien y se usa en gran medida especialmente en la industria automovilística para unir al menos dos chapas.

20 Las chapas, que se van a soldar, se comprimen entre dos electrodos que presentan en cada caso preferentemente un cabezal de soldadura con una geometría definida de manera exacta como superficie de contacto. La fuerza para el movimiento de cierre de los electrodos, fijados especialmente en brazos portaelectrodos, se genera, por ejemplo, mediante husillos de motor accionados por electricidad o también mediante cilindros neumáticos. Además, se conocen prensas de soldadura, en las que al menos un electrodo está dispuesto de forma móvil relativamente respecto al electrodo opuesto.

25 La corriente de soldadura en la zona de contacto entre las chapas comprimidas provoca un aumento de la temperatura que da lugar a una fusión de los dos elementos de chapa como máximo hasta su superficie. El baño de soldadura común en la zona de contacto se denomina punto de soldadura. Un enfriamiento realizado a continuación de la fusión, bajo el efecto de fuerzas de compresión, provoca una solidificación del punto de soldadura, de modo que las chapas quedan unidas entre sí mecánicamente.

30 Del documento EP0594086B1 se conoce una pinza de soldadura no genérica y accionada de manera neumática, en la que un sensor de fuerza está dispuesto sobre un brazo portaelectrodos. Como resultado de la fuerza medida del electrodo se debe valorar la calidad del punto de soldadura y decidir si es necesario, dado el caso, otro punto contiguo de soldadura. El sensor de fuerza es un sensor óptico con una construcción costosa, cuyo funcionamiento se basa en que una cantidad de luz transmitida por un recorrido de luz en el elemento sensor constituye una función de la deformación del elemento del sensor que presenta el recorrido de luz. El sensor está unido mediante conductores de luz con una unidad optoelectrónica que valora la calidad en cada punto de soldadura y ejecuta las medidas de control resultantes de esto.

40 Del documento EP0344034B1 se conoce una pinza de soldadura para la soldadura eléctrica por resistencia con electrodos fijados en dos brazos portaelectrodos, alojándose cada brazo portaelectrodos por un extremo en un soporte de brazos portaelectrodos. Un elemento sensor piezoeléctrico sirve para registrar un valor real de la fuerza entre los dos electrodos, estando dispuesto el elemento sensor en uno de los soportes de brazos portaelectrodos, por los que no circula la corriente de soldadura. La medición de la fuerza durante la soldadura se usa con el fin de optimizar, en especial acortar, la duración de cada proceso de soldadura.

45 Del documento EP1291113A1 se conoce un procedimiento para valorar la calidad de una unión soldada de al menos dos elementos de chapa mediante un dispositivo de soldadura con electrodos móviles en sentido opuesto, en el que un control de pinza evalúa el valor real de la fuerza durante la fase de soldadura. A partir de esta evaluación se pueden sacar conclusiones sobre la calidad de la unión soldada. Sin embargo, para la evaluación es necesario que el control de pinza se conmute primero de una regulación de posición a una regulación de número de revoluciones tras obtenerse un valor límite de la fuerza entre los electrodos y que la corriente de accionamiento del husillo se limite a un valor límite de corriente por debajo de la corriente de accionamiento máxima posible.

55 Una característica esencial para valorar la calidad de la soldadura en el caso de la soldadura eléctrica por resistencia es la profundidad de penetración de los electrodos de soldadura o de los cabezales de electrodo que los rodean. La profundidad de penetración es la diferencia de las distancias entre los electrodos antes, durante y después de la soldadura. Una soldadura por resistencia, ejecutada debidamente, provoca con regularidad una huella medible en las zonas de contacto entre los electrodos y las superficies de la chapa. Por tanto, el registro de la profundidad de penetración durante y después de cada proceso de soldadura así como una comparación con parámetros predefinidos permiten determinar la calidad de una soldadura.

60 El documento EP-A-1118417 da a conocer un procedimiento para determinar el movimiento de los electrodos de un dispositivo para la soldadura eléctrica por resistencia sobre la base del comportamiento del punto de soldadura. El documento EP-A-1118417 se basa en el conocimiento de que la fuerza, que separa los electrodos, al expandirse el punto de soldadura se absorbe parcialmente mediante una flexión del brazo de soldadura. Por esta razón, la distancia entre los electrodos no se puede determinar con exactitud y, por consiguiente, no se puede comprobar la calidad de la unión soldada. A fin de proponer un procedimiento y un dispositivo que permitan determinar exactamente la distancia entre los electrodos y, por consiguiente, realizar una mejor valoración de la calidad de la unión soldada, se propone

ES 2 314 503 T3

determinar la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura. La constante de elasticidad se determina al registrarse al menos un primer y un segundo valor de la fuerza entre los electrodos y los valores de posición del motor que corresponden a estos dos valores. La constante de elasticidad se determina por regresión. Sin embargo, esta constante de elasticidad se usa sólo para determinar el movimiento real de los electrodos como resultado de la expansión o de la

5 contracción del punto de soldadura. Esto se determina al adicionarse al movimiento de accionamiento, que se registra mediante un codificador del accionamiento, el valor de flexión determinado teniendo en cuenta la constante de elasticidad. El propio valor de flexión se determina al multiplicarse la fuerza medida de compresión por la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura. Este procedimiento no es adecuado para mantener casi constante el valor real de la fuerza entre los electrodos durante la soldadura.

10 Partiendo de este estado de la técnica, la invención tiene el objetivo de proponer un procedimiento para la valoración de la calidad de una unión soldada que presenta una ejecución mejorada del procedimiento y posibilita una valoración ampliada de la calidad de la unión soldada.

15 Con el procedimiento se deben reconocer en especial, además de una penetración suficiente de los electrodos, errores especiales del proceso, por ejemplo, especialmente una separación o derivación que afecta la durabilidad de la soldadura, así como una formación de salpicaduras y un calentamiento insuficiente del punto de soldadura.

20 En el caso de un procedimiento del tipo mencionado al inicio, este objetivo se consigue

- 25 - al predefinirse en el control un valor para una fuerza nominal entre los dos electrodos durante la fase de soldadura,
- 30 - al comparar continuamente el control los valores registrados de la fuerza real entre ambos electrodos con el valor para la fuerza nominal,
- 35 - al calcular el control, teniendo en cuenta la constante de elasticidad a partir de las diferencias entre los valores para la fuerza real registrados continuamente respecto al valor para la fuerza nominal, un valor para una posición modificada del husillo con el fin de reajustar el valor de la fuerza real al valor de la fuerza nominal como magnitud guía,
- 40 - al servir en el husillo los valores calculados de la posición modificada como magnitud guía del regulador de posición para los valores reales de posición que se van a regular y
- 45 - al evaluarse los valores calculados de la posición modificada o los valores reales de posición, denominados a continuación valores de posición, para valorar la calidad de la unión soldada.

50 El procedimiento según la invención permite una pluralidad de evaluaciones relativas a la calidad de la unión soldada mediante la evaluación de los valores de posición del husillo. La evaluación de los valores de posición se realiza con métodos y procedimientos estadísticos para el reconocimiento de muestras.

55 Para el procedimiento según la invención resulta esencial que el control de pinza conozca la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura con el fin de poder reajustar el valor de la fuerza real entre los electrodos al valor de una fuerza nominal. La invención tiene en cuenta el deseo de la técnica de soldadura de mantener casi constante el valor real de la fuerza entre los electrodos durante la soldadura. La constante de elasticidad se determina preferentemente según las características de la reivindicación 2.

60 De las características de las reivindicaciones 3 a 6 y 8 se derivan procedimientos preferidos de evaluación para determinar la penetración de los electrodos, reconocer una formación de salpicaduras, así como un calentamiento insuficiente del punto de soldadura, teniéndose que analizar el desarrollo temporal del valor real de la fuerza para reconocer una formación de salpicaduras.

65 Mediante una combinación de los distintos procedimientos de evaluación se aumenta la calidad de la evaluación.

En una configuración del procedimiento según la reivindicación 7 es posible reconocer una separación o derivación.

De la siguiente descripción de las figuras y los diagramas se derivan otros efectos y ventajas de la invención. Muestran:

60 Fig. 1 una pinza de soldadura para ejecutar el procedimiento según la invención, incluida una representación esquemática de su control,

65 Fig. 2 un diagrama de fuerza-tiempo para explicar la fase de cierre,

Fig. 3 una representación de los valores reales de posición del husillo en la fase de soldadura para evaluar la profundidad de penetración,

ES 2 314 503 T3

Fig. 4 una representación de los valores reales de posición del husillo en la fase de soldadura para evaluar el calentamiento del punto de soldadura y

Fig. 5 una representación de los valores reales de la fuerza entre los electrodos en la fase de soldadura para reconocer la formación de salpicaduras.

La figura 1 muestra una pinza de soldadura para unir elementos 1 de chapa con dos brazos portaelectrodos 3a, b que pivotan alrededor de un punto común 2 de giro. En los extremos externos de los brazos portaelectrodos 3a, b están dispuestos electrodos 4a, b de espiga que en el lado frontal, en la zona de contacto con los elementos 1 de chapa, se envuelven con cabezales 5a, 5b de electrodo. Los brazos portaelectrodos 3a, 3b están insertados por los extremos opuestos en soportes de brazos portaelectrodos y sujetados con tornillos.

La distancia entre los electrodos 4a, b se puede modificar con un husillo 7 accionado por un electromotor 6, especialmente un servomotor, al modificar éste la distancia entre las articulaciones 8a, 8b que se encuentran situadas en los extremos opuestos de los brazos portaelectrodos 3a, b.

La corriente de soldadura circula desde un transformador 9 de soldadura, pasando a través de los brazos portaelectrodos 3a, b, hasta llegar a los electrodos 4a, b. El transformador 9 de soldadura está unido mediante un cable 11 de corriente de soldadura con un elemento 12 de potencia de soldadura que se controla mediante un control 13 de soldadura por resistencia.

Un sensor 63 de fuerza, dispuesto en el flujo de fuerza entre el husillo y los electrodos, por ejemplo, en el soporte de brazos portaelectrodos, suministra una carga eléctrica como señal inicial que es directamente proporcional a la extensión medida. El sensor 63 de fuerza se ha de calibrar primero, por lo que éste suministra valores reales precisos de la fuerza entre los electrodos, independientemente de su lugar de montaje. Esto se ejecuta de un modo conocido en sí mediante un sensor de fuerza de referencia calibrado que registra directamente la fuerza entre los electrodos 4a, 4b. En el sensor 63 de fuerza está integrado un amplificador para la carga eléctrica, no representado en la figura 1, que convierte la modificación de la carga eléctrica en una señal de tensión, o sea, el valor real 60 de la fuerza (figura 1), y la transmite a un control 24 de pinza a través de un cable de medición.

El electromotor 6 para el movimiento de los brazos portaelectrodos 3a, 3b está unido mediante un cable 14 de motor con un elemento convencional 15 de potencia para el accionamiento de pinzas de soldadura. El elemento de potencia está unido de un modo conocido en sí con un control 24 de pinza con regulador integrado 25 de posición.

Delante del control (24, 13) de pinza y de soldadura por resistencia está dispuesto un control (50) de robot. Las señales entre el control (50) de robot, por una parte, y el control (24) de pinza y el control (13) de soldadura por resistencia, por la otra parte, se transmiten a través de una interfase.

El ciclo para la realización de un punto de soldadura con la pinza de soldadura descrita se divide en una fase de cierre 27 (véase figura 2) y una fase de soldadura 30. La fase de soldadura 30 se subdivide en un tiempo 87 de compresión previa, el tiempo 88 de soldadura y el tiempo 89 de compresión posterior (véase figuras 3, 4). La corriente de soldadura circula sólo durante el tiempo 88 de soldadura, pudiéndose interrumpir el flujo de la corriente durante el tiempo de soldadura. Durante el tiempo de compresión previa y compresión posterior, los electrodos se presionan contra las chapas que se van a soldar, sin la circulación de una corriente de soldadura. Las diferentes etapas de la fase de soldadura están identificadas con líneas verticales discontinuas 91 a 96 en las figuras 3, 4. En el control de pinza se predefine un valor para una fuerza nominal entre ambos electrodos 4a, 4b durante la fase de soldadura. Este valor depende del respectivo trabajo de soldadura y se basa en valores empíricos que conocen los técnicos.

A. Fase de cierre (27)

En la fase de cierre 27, los electrodos entran en contacto, después de 0,79 segundos aproximadamente, con las chapas que se van a soldar, según se puede observar en la figura 2. A continuación, se genera la fuerza entre los electrodos 4a, 4b, según se puede reconocer a partir del aumento de la fuerza real entre los electrodos en el diagrama de la figura 2. Como muy tarde a partir de este momento se registra continuamente, con gran exactitud, el valor real 60 de la fuerza y el valor real 17 de posición y se almacena en el control 24 de pinza.

La fase de cierre se puede usar también para determinar la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura y almacenarla en el control de pinza. Esto permite ahorrar tiempo de ejecución. Después de cerrarse ambos electrodos, o sea, al entrar en contacto los dos electrodos tras 0,79 segundos, pero antes de iniciarse la fase de soldadura 30, se aumenta la fuerza real 60 entre ambos electrodos 4a, b. Se registra y se almacena un primer valor de la fuerza real, por ejemplo, ascendente al 50% de la fuerza nominal predefinida, y el valor real de posición del husillo que corresponde a este primer valor de la fuerza real. A continuación, se registra y se almacena al menos otro valor de la fuerza real entre los electrodos, que se diferencia del primer valor, y el valor real 17 de posición del husillo que corresponde a este otro valor. Este valor 60 de la fuerza real puede estar en correspondencia, por ejemplo, con el valor de la fuerza nominal predefinida, pero puede ser también un valor menor, por ejemplo, 80% de la fuerza nominal.

Sin embargo, los dos pares de valores a partir de la fuerza real registrada y del valor real correspondiente de la posición se pueden determinar también con control de tiempo al registrarse un primer par de valores poco después de

ES 2 314 503 T3

entrar en contacto los electrodos con las chapas, por ejemplo, tras 0,85 segundos, y al registrarse un segundo par de valores un poco más tarde, por ejemplo, tras 0,9 segundos (véase figura 2).

5 A partir de ambos pares de valores de los valores reales 60 de la fuerza y del valor real correspondiente 17 de posición se determina entonces la constante de elasticidad de la pinza de soldadura. La fuerza de retroceso es $F = -D * x$, siendo D la constante de elasticidad y x, el recorrido de deformación. Aplicado a la presente pinza de soldadura, la fuerza de retroceso parte de los electrodos 4a, b y equivale, por tanto, a la diferencia de los dos valores reales medidos 60 de la fuerza. El recorrido x de deformación es la diferencia entre ambos valores reales registrados 17 de posición en el husillo 7. Como resultado de esto se obtiene la constante de elasticidad de la pinza de soldadura que se almacena 10 en el control 24 de pinza al menos hasta determinarse nuevamente las constantes de elasticidad del dispositivo de soldadura.

15 A diferencia de la determinación de la constante de elasticidad descrita antes, ésta se puede extraer también en muchas ocasiones de tablas del fabricante de pinzas y registrarse en el control 24 de pinza. La constante de elasticidad se puede determinar además de forma empírica.

20 Al obtenerse la fuerza nominal y tras finalizar la fase de cierre, el control 24 de pinza transmite una señal 35 de inicio, por ejemplo, un nivel activo de 24 voltios, al control 13 de soldadura por resistencia que activa la corriente de soldadura para el proceso de soldadura después de un tiempo programado 87 de compresión previa.

B. Fase de soldadura (30)

25 El control 13 de soldadura por resistencia genera mediante el elemento 12 de potencia de soldadura y el transformador 9 de soldadura un flujo de corriente entre los dos cabezales 5a, 5b de electrodo a través de los elementos 1 de chapa que se encuentran en medio.

30 Los dos cabezales 5a, 5b de electrodo comprimen los elementos 1 de chapa, mediante lo que el material blando y/o líquido se expande primero y a continuación se deforma, se comprime y/o se presiona hacia un lado, de modo que los dos cabezales 5a, 5b de electrodo se separan primero entre sí y se aproximan después ("penetración"). Esta expansión o aproximación de ambos cabezales 5a, 5b de electrodo provoca una carga o descarga de fuerza en los brazos portaelectrodos 3a, 3b, que da lugar a una modificación del valor real medido 60 de la fuerza.

35 En intervalos fijos de tiempo, por ejemplo, de 10 ms, el control 24 de pinza compara los valores reales 60 de la fuerza, registrados actualmente, entre los dos electrodos 4a, b con el valor para la fuerza nominal.

40 El control de pinza calcula, teniendo en cuenta la constante de elasticidad determinada antes a partir de diferencias entre los valores para la fuerza real registrados continuamente respecto al valor para la fuerza nominal, un valor para una posición modificada del husillo 7 con el fin de reajustar el valor de la fuerza real 60 al valor de la fuerza nominal como magnitud guía. Esta regulación garantiza que se minimice continuamente la diferencia del valor real 60 de la fuerza entre los electrodos respecto al valor nominal de la fuerza predefinido para la soldadura respectiva. De este modo se obtiene una fuerza casi constante entre los electrodos durante la fase de soldadura (30).

45 Los valores calculados de la posición modificada sirven en el husillo 7 como magnitud guía del regulador 25 de posición para los valores reales 17 de posición que se van a regular.

Los valores reales 17 de posición almacenados en el control 24 de pinza, que en la práctica se pueden equiparar a los valores calculados de la posición modificada, se evalúan con el fin de valorar la calidad de la unión soldada. Naturalmente, en el marco de la invención se pueden evaluar también los valores calculados de las posiciones modificadas.

50 Los valores reales 17 de posición se pueden registrar con una definición muy alta. Mediante el reajuste constante de la fuerza real al valor nominal deseado de la fuerza entre los electrodos como magnitud guía, o sea, mediante el mantenimiento de la señal de sensor del sensor 63 de fuerza, las modificaciones de las distancias entre los electrodos se reflejan en las modificaciones de la posición del husillo, ya sea en el valor real de posición o en los valores calculados. Como los movimientos de los electrodos permiten obtener informaciones sobre la calidad de la unión soldada, por ejemplo, la penetración de los electrodos, se pueden obtener informaciones fiables sobre la calidad de la soldadura mediante la evaluación de la posición del husillo durante la fase de soldadura.

C. Evaluación en la fase de soldadura (30)

60 Por medio de la figura 3 se explica detalladamente a continuación la evaluación de los valores reales de posición respecto al criterio de calidad "profundidad de penetración de los electrodos":

65 Durante el tiempo 88 de soldadura (entre las líneas 92 y 95) no existe con frecuencia ninguna modificación evaluable de la posición del husillo respecto a la profundidad de penetración de los electrodos 4a, b, porque los electrodos 4a, b se aproximan de nuevo únicamente después de desconectarse la corriente de soldadura y de enfriarse el material soldado, de modo que sólo entonces se puede comprobar una penetración de los electrodos. Por esta razón, el tiempo 89 de compresión posterior (entre las líneas 95 y 96) de la fase de soldadura se incluye en la evaluación.

ES 2 314 503 T3

Mediante una evaluación del valor real 17 de posición del husillo en la fase de soldadura 30 (figura 3) es posible reconocer la profundidad de penetración (típicamente de 0.100 mm) de los electrodos 4a, b. La ausencia de una modificación de la posición 17 del husillo al finalizar la fase de soldadura evidencia claramente la existencia de una soldadura incorrecta, por ejemplo, debido a una derivación. Si la profundidad de penetración medida supera un valor límite inferior fijado, esto significa que los electrodos 4a, b han penetrado con la profundidad suficiente y, por tanto, es altamente probable la existencia de una soldadura correcta.

Dentro de la fase de soldadura se fija un intervalo 44 de referencia de los valores reales registrados de posición. El intervalo 44 de referencia se extiende durante todo el tiempo de compresión previa y aproximadamente 1/3 del tiempo de soldadura (hasta la línea 93). Se fija además un intervalo posterior 45 de medición (entre las líneas 94 y 96) que comienza, por ejemplo, poco antes de finalizar el tiempo 88 de soldadura y finaliza al cumplirse el tiempo de compresión posterior.

Se calcula entonces para ambos intervalos 44, 45 respectivamente una regresión lineal entre los valores de posición y el tiempo, que proporciona en cada caso una ecuación de la recta para el intervalo 44 de referencia y el intervalo 45 de medición. Las rectas calculadas 46, 47 están representadas asimismo en la figura 3. Se determinan los puntos 48, 49 de gravedad, definidos por el centro de las rectas 46, 47, para el intervalo 44 de referencia y el intervalo 45 de medición y se calcula la diferencia de posición entre los puntos de gravedad. La diferencia equivale a la profundidad de penetración buscada.

D. Evaluaciones adicionales

La evaluación de los valores de la posición y de los valores reales de la fuerza durante la fase de soldadura 30 permite además reconocer una separación, salpicaduras, así como una derivación.

La figura 4 explica cómo a partir de los valores de posición durante la fase de soldadura se calcula una magnitud de medida SLE para el calentamiento 83 del punto de soldadura y se compara con un valor límite. Si además de una penetración suficiente de los electrodos, el calentamiento del punto de soldadura se sitúa también en un intervalo definido, se puede reconocer con una exactitud aún mayor la existencia de una soldadura correcta. El calentamiento del punto de soldadura va acompañado de un aumento breve de la distancia entre los electrodos 4a, b.

En relación con esto aumenta el valor real de la fuerza entre los electrodos 4a, b, que registra continuamente el sensor 63 de fuerza. La modificación del valor real 60 de la fuerza da lugar, según la invención, a una modificación de la posición durante la fase de soldadura para reajustar nuevamente el valor real de la fuerza al valor de la fuerza nominal predefinida. Por consiguiente, un calentamiento correcto del punto de soldadura se presenta como desviación característica en la curva de los valores de posición en la segunda mitad del tiempo de soldadura. En el marco de la evaluación no se tiene en cuenta una desviación de tipo comparable en la primera mitad del tiempo de soldadura.

Al menos en la segunda mitad del tiempo de soldadura se calcula primero una regresión lineal entre los valores de posición y el tiempo. En el ejemplo de realización, la regresión lineal se calculó después de cumplirse 1/3 del tiempo de soldadura y hasta finalizar el tiempo 88 de soldadura. Los límites temporales para el cálculo de las rectas 82 de regresión están identificados mediante líneas discontinuas 93 y 95 en la figura 4. La magnitud de medida SLE está definida como la superficie 83 entre las rectas de regresión y la desviación característica de la curva de los valores 17 de posición. La desviación característica de la curva puede variar en dependencia del trabajo de soldadura y se ha de determinar de forma empírica para el respectivo trabajo de soldadura. Si la forma de la desviación característica ya se ha determinado una vez, ésta se localiza en el marco de la evaluación, según la invención, de los valores de posición mediante procedimientos de reconocimiento de muestras conocidos en sí en cada soldadura dentro de la segunda mitad del tiempo de soldadura y se determina la magnitud de medida SLE. Si la magnitud de medida SLE se sitúa dentro de valores límites determinados, se puede inferir de esto la existencia de un calentamiento suficiente del punto de soldadura.

La pendiente 84 de las rectas de regresión según la figura 4 y el coeficiente 85 de determinación calculado a partir de la regresión lineal se pueden incluir, asimismo, en la evaluación.

Combinaciones definidas, que se han de determinar de forma empírica para el trabajo respectivo de soldadura, de la profundidad 51 de penetración, la magnitud 83 de medida SLE y la pendiente 84, así como el coeficiente 85 de determinación de las rectas 82 de regresión permiten sacar conclusiones sobre la posible presencia de una separación o una derivación.

El procedimiento descrito a modo de ejemplo recurre parcialmente al método de la regresión lineal para la evaluación de los valores de medición. Este algoritmo se caracteriza por tiempos cortos de cálculo. Sin embargo, se pueden aplicar también otros procedimientos de regresión, sin obviarse el procedimiento según la invención.

Asimismo, se puede analizar la curva dibujada de fuerza para reconocer la formación de salpicaduras durante la soldadura (véase figura 5).

A tal efecto, se calcula primero una curva de regresión de los valores reales 60 de la fuerza al menos en la segunda mitad del tiempo de soldadura. Después se busca una expresión, característica para una formación de salpicaduras, de

ES 2 314 503 T3

los valores reales de la fuerza en el tiempo de soldadura con procedimientos de reconocimiento de muestras conocidos en sí dentro de la segunda mitad del tiempo 88 de soldadura. En la figura 5 aparece una expresión de este tipo. Se determina la superficie 81 entre la curva de regresión y el desarrollo de la curva definida por los valores reales 60 de la fuerza. La superficie determinada en este caso sirve como magnitud de medida que se compara con al menos un valor límite.

Lista de números de referencia

Nº	Denominación
10	1 Elementos de chapa
	2 Punto de giro
15	3a, b Brazo portaelectrodos
	4a, b Electrodo de espiga
	5a, b Cabezales de electrodo
20	6 Electromotor
	7 Husillo
25	8a, b Articulaciones
	9 Transformador de soldadura
	10 -
30	11 Cable de corriente de soldadura
	12 Elemento de potencia de soldadura
35	13 Control de soldadura por resistencia
	14 Cable de motor
	15 Elemento de potencia
40	17 Valor real de posición
	24 Control de pinza
45	25 Regulador de posición
	27 Fase de cierre
	30 Fase de soldadura
50	35 Señal de inicio
	44 Intervalo de referencia
55	45 Intervalo de medición
	46 Recta
	47 Recta
60	48 Punto de gravedad
	49 Punto de gravedad
65	50 Control de robot
	60 Valor real de la fuerza

ES 2 314 503 T3

	61	Fuerza del electrodo
	63	Sensor de fuerza
5	64	Soporte de brazo portaelectrodos
	81	Superficie
	82	Recta de regresión
10	83	Calentamiento del punto de soldadura
	84	Pendiente
15	85	Coefficiente de determinación
	87	Tiempo de compresión previa
	88	Tiempo de soldadura
20	89	Tiempo de compresión posterior
	90	-
25	91-96	Líneas discontinuas

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 314 503 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la soldadura eléctrica por resistencia así como para la valoración de la calidad de una unión
5 soldada de al menos dos elementos (1) de chapa mediante un dispositivo de soldadura con electrodos (4a, 4b) móviles
en sentido opuesto, un husillo accionado por electricidad para mover al menos uno de los dos electrodos, elementos
para generar una corriente de soldadura, un sensor (63) de fuerza dispuesto en la pinza de soldadura para registrar un
valor real de la fuerza entre ambos electrodos, un control para el dispositivo de soldadura, así como un regulador (25)
10 de posición para el husillo (6) accionado por electricidad, determinándose la constante de elasticidad del dispositivo
de soldadura y almacenándose en el control (24), **caracterizado** porque

- en el control (24) se predefine un valor para una fuerza nominal entre los dos electrodos durante la fase de
soldadura (30),
- 15 - el control (24) compara continuamente los valores registrados de la fuerza real (60) entre ambos electrodos
(4) con el valor para la fuerza nominal,
- el control (24) calcula, teniendo en cuenta la constante de elasticidad a partir de diferencias entre los valores
para la fuerza real (60) registrados continuamente respecto al valor para la fuerza nominal, un valor para
20 una posición modificada del husillo con el fin de reajustar el valor de la fuerza real al valor de la fuerza
nominal como magnitud guía,
- los valores calculados de la posición modificada sirven en el husillo como magnitud guía del regulador (25)
de posición para los valores reales de posición que se van a regular y
- 25 - los valores calculados de la posición modificada o los valores reales (17) de posición, denominados a
continuación valores de posición, se evalúan para valorar la calidad de la unión soldada.

30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque

- se determina la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura al aumentarse el valor real entre los
dos electrodos después de cerrarse ambos electrodos, pero antes de iniciarse la fase de soldadura,
- 35 - se registra un primer valor de la fuerza real entre los electrodos y el valor real de posición del husillo que
corresponde a este primer valor,
- a continuación se registra y se almacena al menos otro valor de la fuerza real entre los electrodos, que se
diferencia del primer valor, y el valor real de posición del husillo que corresponde a este otro valor y
- 40 - a partir de al menos dos pares de valores de la fuerza real y del valor real de posición se determina la
constante de elasticidad y se almacena en el control de pinza al menos hasta determinarse nuevamente las
constantes de elasticidad del dispositivo de soldadura.

45 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque la constante de elasticidad se determina antes
de cada fase de soldadura (30).

50 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque

- se fija un intervalo (44) de referencia de los valores reales registrados (17) de posición dentro de la fase de
soldadura (30) que comienza en el tiempo (87) de compresión previa de la fase de soldadura y dura como
máximo hasta la fusión de las chapas que se van a soldar,
- 55 - se fija un intervalo (45) de medición, a continuación del intervalo (44) de referencia, que comienza espe-
cialmente antes de finalizar el tiempo (88) de soldadura y finaliza al cumplirse el tiempo (89) de compresión
posterior y
- mediante una comparación de los valores (17) de posición del intervalo (44) de referencia y del intervalo
60 (45) de medición con al menos un valor límite almacenado en el control (24) se determina una profundidad
suficiente de penetración de los electrodos durante la fase de soldadura (30).

65 5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque

- para el intervalo (44) de referencia y el intervalo (45) de medición se calcula una regresión lineal entre los
valores (17) de posición y el tiempo, que proporciona en cada caso una recta (46, 47) para el intervalo (44)
de referencia y el intervalo (45) de medición y

ES 2 314 503 T3

- se determinan los puntos (48, 49) de gravedad, definidos por el centro de las rectas (46, 47), para el intervalo (44) de referencia y el intervalo (45) de medición y a partir de la diferencia de posición entre los puntos de gravedad se calcula una magnitud de medida que se compara con al menos un valor límite.

5

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque

- se calcula primero una curva de regresión de los valores (17) de posición al menos en la segunda mitad del tiempo (88) de soldadura,
- se busca una expresión, característica para un calentamiento (83) del punto de soldadura, de los valores (17) de posición en el tiempo de soldadura con procedimientos de reconocimiento de muestras conocidos en sí al menos dentro de la segunda mitad del tiempo (88) de soldadura,
- si se localiza una expresión característica, se determina la superficie entre la curva (82) de regresión y el desarrollo de la curva, definido por los valores (17) de posición, en la zona de la expresión característica, sirviendo la superficie como magnitud de medida para el calentamiento (83) del punto de soldadura y
- comparándose esta magnitud de medida con al menos un valor límite para evaluar el calentamiento (83) del punto de soldadura.

10

15

20

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque primero se calcula una recta lineal (82) de regresión de los valores (17) de posición al menos en la segunda mitad del tiempo (88) de soldadura y se incluye en la evaluación el coeficiente (85) de determinación calculado a partir de la regresión lineal.

25

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** porque

- se calcula primero una curva de regresión de los valores reales de la fuerza al menos en la segunda mitad del tiempo (88) de soldadura,
- se busca una expresión, característica para una formación de salpicaduras, de los valores reales de fuerza en el tiempo de soldadura con procedimientos de reconocimiento de muestras conocidos en sí al menos dentro de la segunda mitad del tiempo (88) de soldadura,
- si se localiza una expresión característica, se determina la superficie (81) entre la curva de regresión y el desarrollo de la curva, definido por los valores reales (60) de la fuerza, en la zona de la expresión característica, sirviendo la superficie (81) como magnitud de medida para las salpicaduras y
- comparándose esta magnitud de medida con al menos un valor límite para evaluar la formación de salpicaduras.

30

35

40

9. Dispositivo de soldadura con al menos dos electrodos (4a, 4b) móviles en sentido opuesto, un husillo accionado por electricidad para mover al menos uno de los dos electrodos, elementos para generar una corriente de soldadura, un sensor (63) de fuerza dispuesto en la pinza de soldadura para registrar un valor real de la fuerza entre ambos electrodos, un regulador (25) de posición para el husillo (6) accionado por electricidad, así como un control (24) que está configurado para la realización de los siguientes pasos:

45

- la constante de elasticidad del dispositivo de soldadura se almacena en el control (24),
- el control compara continuamente los valores registrados de la fuerza real (60) entre ambos electrodos (4) con el valor para la fuerza nominal, predefiniéndose en el control (24) un valor para la fuerza nominal entre ambos electrodos durante la fase de soldadura (30),
- el control (24) calcula, teniendo en cuenta la constante de elasticidad a partir de diferencias entre los valores para la fuerza real (60) registrados continuamente respecto al valor para la fuerza nominal, un valor para una posición modificada del husillo con el fin de reajustar el valor de la fuerza real al valor de la fuerza nominal como magnitud guía, sirviendo en el husillo los valores calculados de la posición modificada como magnitud guía del regulador (25) de posición para los valores reales de posición que se van a regular y
- los valores calculados de la posición modificada o los valores reales (17) de posición, denominados a continuación valores de posición, se almacenan en el control y se evalúan para valorar la calidad de la unión soldada.

50

55

60

65

10. Dispositivo de soldadura según la reivindicación 9, **caracterizado** porque se trata de una pinza de soldadura o de una prensa de soldadura.

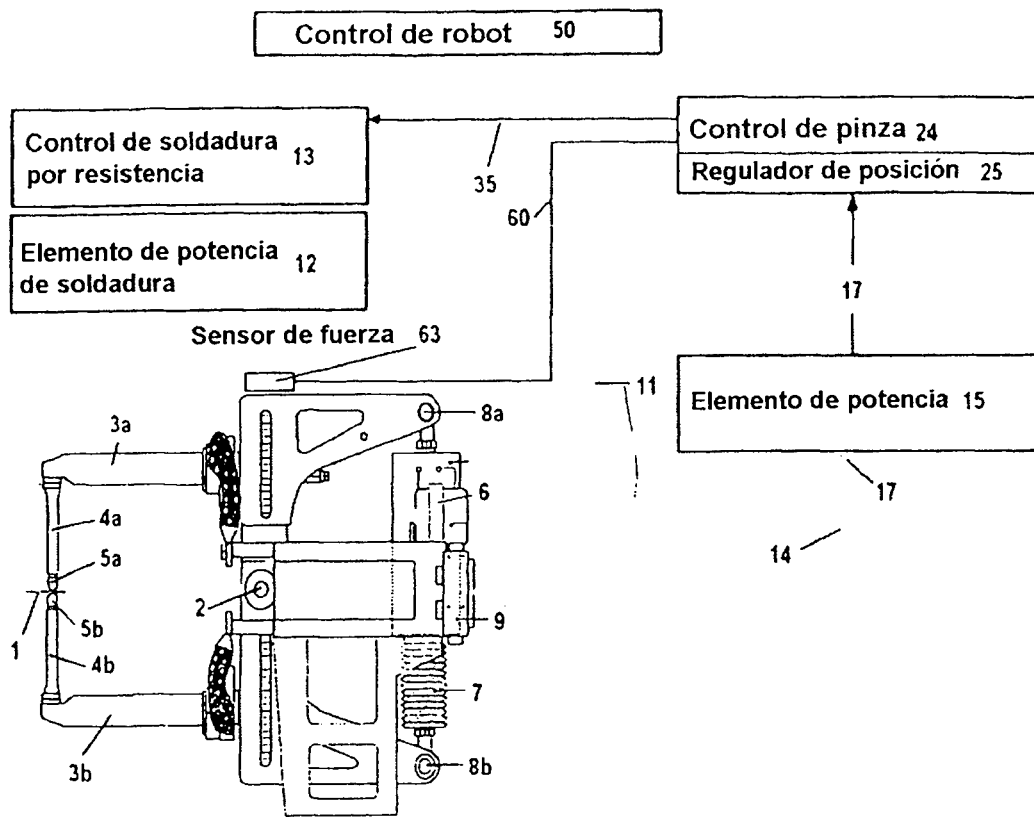


Figura 1

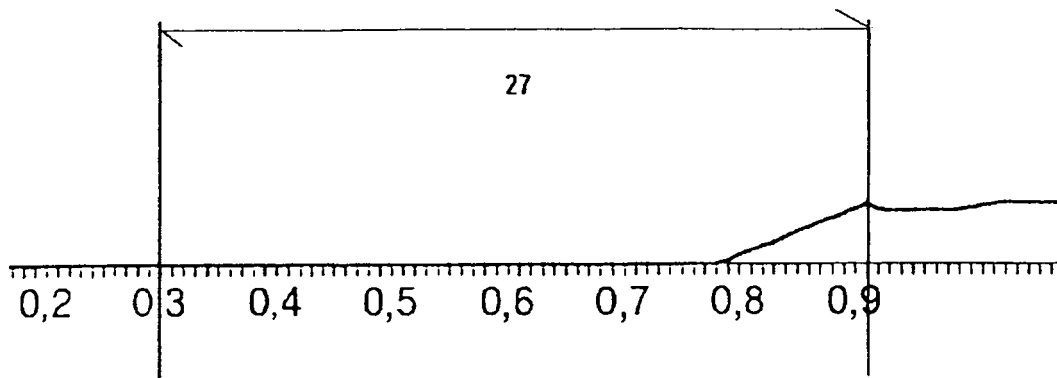


Figura 2

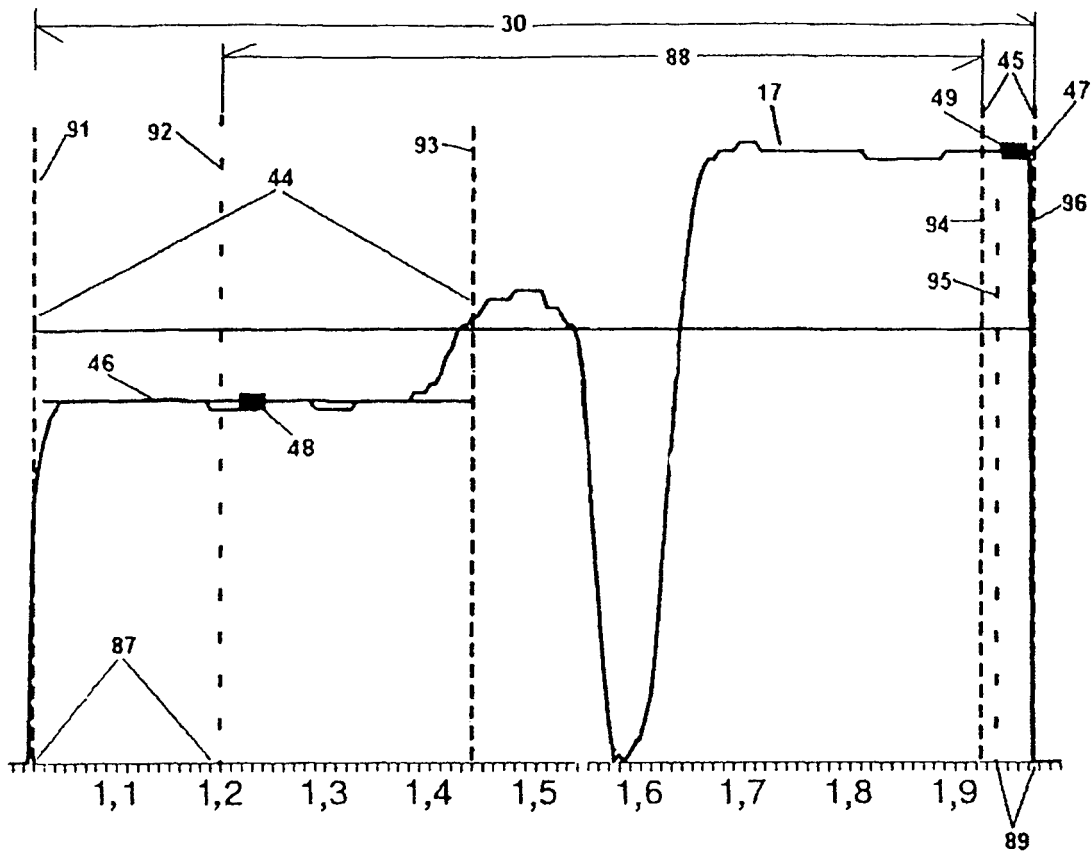


Figura 3

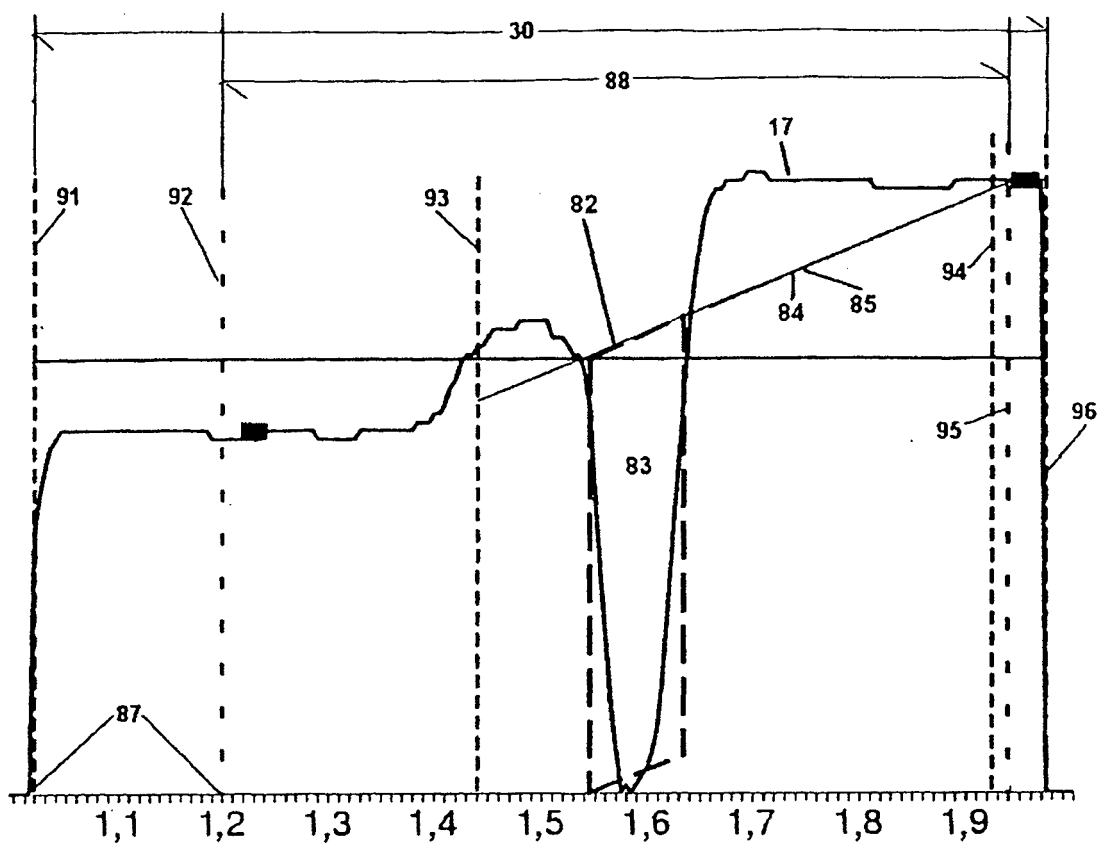


Figura 4

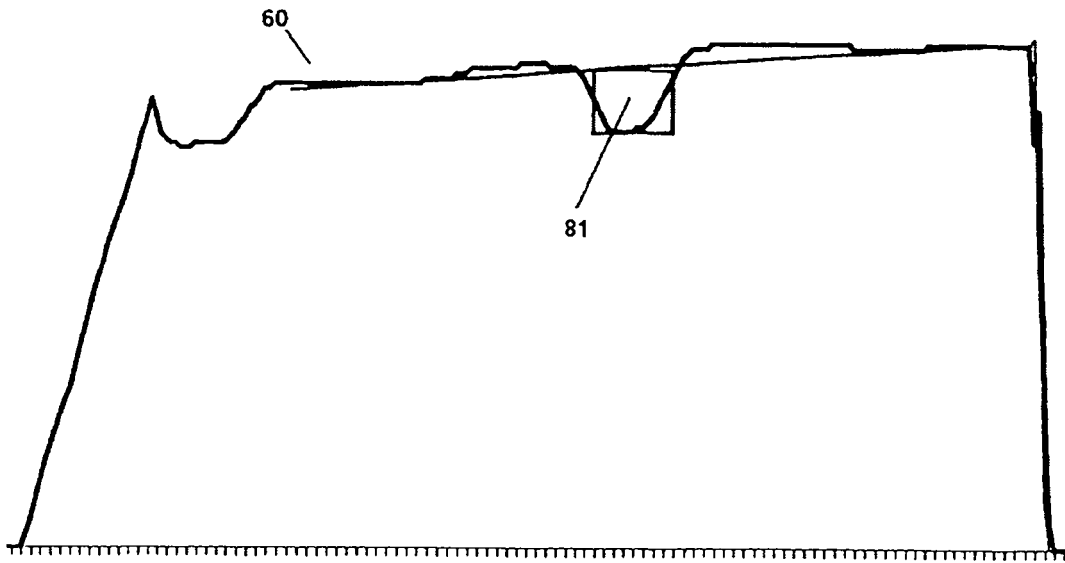


Figura 5