

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 889**

51 Int. Cl.:

**B23K 11/25** (2006.01)

**B23K 11/08** (2006.01)

**B23K 11/11** (2006.01)

**B23K 101/00** (2006.01)

**B23K 101/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2020 E 20214038 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2024 EP 3854510**

54 Título: **Dispositivo para un controlador de soldadura y procedimiento para validar valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura**

30 Prioridad:

**21.01.2020 DE 102020200616**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**23.09.2024**

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)  
Postfach 30 02 20  
70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**STOLZE, JOSEPHINE y  
HERKERT, TOBIAS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 978 889 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

Dispositivo para un controlador de soldadura y procedimiento para validar valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura

5 La presente invención hace referencia a un dispositivo para un controlador de soldadura y a un procedimiento para validar valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura.

10 En la solicitud EP 1 582 285 A2 se muestra un procedimiento para la soldadura eléctrica por resistencia, así como para valorar la calidad de una unión por soldadura. El procedimiento permite una pluralidad de evaluaciones de la calidad de la unión por soldadura mediante la evaluación de los valores de posición del husillo. La evaluación de los valores de posición tiene lugar con métodos estadísticos y procedimientos para la detección de patrones. En la solicitud GB 2560999 A se muestra un procedimiento de soldadura para calibrar un cabezal de soldadura y un dispositivo de soldadura, en los que se realizan mediciones de las fuerzas actuantes. En la solicitud US 2004/0112874 A1 se muestran un procedimiento y un sistema para monitorizar una secuencia de soldadura. No están considerados los problemas de un sensor de fuerza.

15 Las partes metálicas pueden unirse con una herramienta de soldadura. Por ejemplo, las herramientas de soldadura se utilizan en instalaciones industriales que en particular son líneas de producción para vehículos, etc. Aquí, mediante soldadura con la herramienta de soldadura, se unen piezas metálicas, en particular chapas. En el armado automatizado de carrocería en bruto, como herramienta de soldadura se utiliza una pinza de soldadura con tapas de los electrodos, en electrodos de soldadura. En la soldadura por resistencia, los componentes que deben soldarse se presionan juntos en el punto que debe soldarse con dos electrodos de soldadura de la pinza de soldadura. Debido a esto se forma un circuito en el cual, con un curso de corriente especial entre los componentes, se conforma una lente de soldadura. En la soldadura por puntos/por resistencia es muy importante una calidad constante de los puntos de soldadura.

20 Las pinzas de soldadura de esa clase, por ejemplo, están configuradas como pinzas de soldadura servoeléctricas, para aplicar la fuerza para presionar en conjunto la pinza de soldadura, para formar el punto de soldadura. Si la fuerza que se introduce en la pinza de soldadura es demasiado grande, la pinza de soldadura se daña. Por tanto, la utilización de un regulador de fuerza es ventajosa para dosificar la fuerza introducida en la pinza de soldadura, de manera que no se produzcan daños en la pinza de soldadura o en la herramienta de soldadura.

25 El regulador de fuerza, durante la regulación de fuerza, utiliza un valor de fuerza medido o una fuerza real. La fuerza real se mide con un sensor de fuerza. No obstante, resulta problemático cuando el sensor de fuerza, sin detectarlo, emite valores de fuerza reales falsos o valores falsos de la fuerza real. Esto puede suceder si el sensor de fuerza presenta un defecto o no se controla correctamente.

30 Si se emiten valores de fuerza reales falsos, en la regulación y la monitorización del funcionamiento de la herramienta de soldadura se utiliza una fuerza real medida de forma incorrecta. De este modo, durante una regulación de fuerza de la herramienta de soldadura, en particular de una pinza de soldadura servoeléctrica, con valores de fuerza reales, se regulan fuerzas incorrectas. Esto puede conducir a una mala calidad del punto de soldadura, como por ejemplo puntos de soldadura abiertos, numerosas salpicaduras o similares, y a daños de la herramienta de soldadura.

35 Por tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo para un controlador de soldadura y un procedimiento para validar valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura, con los que puedan solucionarse los problemas antes mencionados. En particular deben proporcionarse un dispositivo para un controlador de soldadura y un procedimiento para la validación de valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura, en los que también en el caso de un sensor de fuerza defectuoso o controlado de forma incorrecta, la fuerza generada pueda regularse de manera que una calidad constante de las uniones por soldadura pueda alcanzarse de forma sencilla y conveniente en cuanto a los costes, y de manera que en las herramientas de soldadura puedan evitarse daños sin gran esfuerzo y de forma conveniente en cuanto a los costes.

40 Dicho objeto se soluciona mediante un dispositivo para un controlador de soldadura según la reivindicación 1. El dispositivo tiene un módulo de determinación para determinar un valor previsto de una variable física que se produce en un proceso de soldadura con una herramienta de soldadura y que depende de una fuerza que ejerce al menos un electrodo de la herramienta de soldadura, al producirse una unión por soldadura, en al menos un componente, y un módulo de comparación para comparar el valor previsto con un valor real de la variable física que se produce en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura, para validar un valor real de la fuerza registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura, donde el módulo de determinación está configurado para determinar el valor previsto con un modelo de la herramienta de soldadura, como se describe en la reivindicación 1.

El dispositivo antes descrito permite detectar valores de fuerza reales medidos de forma incorrecta, expresado de otro modo, valores de una fuerza real medidos de forma incorrecta, mediante la evaluación del valor de posición real. En este caso, la herramienta de soldadura puede aplicar o no una fuerza a los componentes. Esto último puede realizarse como parte del proceso de soldadura, durante la puesta en marcha o el mantenimiento.

5 De este modo, también en el caso de un valor de fuerza real medido de forma incorrecta no se producen daños en la herramienta de soldadura. Además, las intervenciones de servicio costosas, para la eliminación de fallas de la instalación de soldadura, se requieren con menor frecuencia. Por consiguiente, el dispositivo mejora significativamente la vida útil de la herramienta de soldadura.

10 Además, también puede asegurarse que pueda alcanzarse la calidad deseada de las uniones por soldadura producidas. Por ejemplo, pueden evitarse salpicaduras de soldadura y una mala calidad del punto de soldadura, que resulta de ello, mediante la regulación de fuerza, en el caso de un valor real de fuerza medido de forma incorrecta, en particular demasiado elevado. Con ello, en realidad, no se utiliza de forma incorrecta un valor de fuerza real demasiado reducido.

15 Una ventaja adicional consiste en que se evitan conclusiones falsas en la evaluación de la fuerza real medida de forma incorrecta. Por ejemplo, esto puede implementarse con mucha utilidad en la monitorización del proceso de soldadura. Además, pueden evitarse reacciones incorrectas del controlador de soldadura, que por ejemplo pueden producirse en la regulación del proceso de soldadura.

Además, un soldado puede interrumpirse más rápido con el dispositivo. Gracias a esto se reduce el rechazo producido por una instalación industrial.

20 En conjunto, debido a esto pueden reducirse a un mínimo las fallas de la instalación de soldadura en la instalación industrial. Por último, debido a esto puede aumentarse la producción de la instalación industrial.

Como resultado, el dispositivo puede posibilitar un control de la herramienta de soldadura con un controlador de soldadura, de manera que se asegure una calidad elevada de las uniones por soldadura producidas con la herramienta de soldadura.

25 Otras configuraciones ventajosas del dispositivo se indican en las reivindicaciones dependientes.

30 El modelo modela la herramienta de soldadura como resorte y presenta al menos un parámetro que determina el resorte. Es posible que al menos un parámetro que determina el resorte sea una constante del resorte equivalente que presenta al menos una constante de resorte con respecto a las propiedades mecánicas de la herramienta de soldadura y una constante de resorte con respecto a las propiedades de al menos un componente que debe soldarse.

De manera adicional o alternativa es posible que al menos un parámetro que determina el resorte sea un tiempo muerto que, después de la aplicación de la fuerza en la herramienta de soldadura, retrasa la formación de fuerza para producir la unión por soldadura.

35 En una conformación especial, el módulo de determinación puede estar configurado para considerar una variación del parámetro que determina el resorte en un proceso de soldadura.

El módulo de comparación está configurado para interrumpir el proceso de soldadura y, de manera opcional, para emitir un mensaje de error como mensaje al controlador de soldadura, cuando una diferencia del valor previsto y el valor real de la variable física es mayor que un valor límite predeterminado.

40 Según la invención, la variable física es la posición de al menos un electrodo de la herramienta de soldadura, y el modelo comprende una flexión hacia arriba del brazo modelada de la herramienta de soldadura. De manera alternativa o adicional, la variable física es la corriente de accionamiento de un dispositivo de accionamiento para el accionamiento de al menos un electrodo de la herramienta de soldadura. De manera alternativa o adicional, la variable física es un par de rotación del dispositivo de accionamiento para el accionamiento de al menos un electrodo de la herramienta de soldadura.

45 De manera opcional, el módulo de determinación está configurado para determinar, para al menos dos variables físicas diferentes, respectivamente un valor previsto,

donde el módulo de comparación está configurado para realizar la comparación para al menos dos variables físicas diferentes, para validar el valor real de la fuerza registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura.

5 Según otra opción, el dispositivo está configurado para utilizar una ponderación predeterminada de la comparación para al menos dos variables físicas diferentes, para determinar si primero sólo debe emitirse un mensaje de advertencia como mensaje, donde el dispositivo está configurado para emitir un mensaje para interrumpir el proceso de soldadura sólo después de que la comparación para al menos dos variables físicas diferentes no valida el valor real de la fuerza.

10 El dispositivo antes descrito puede formar parte de un controlador de soldadura para una herramienta de soldadura que además presenta un módulo de regulación de fuerza para regular un curso de una fuerza, que al menos un electrodo de una herramienta de soldadura, en la producción de una unión por soldadura, ejerce sobre al menos un componente. El controlador de soldadura puede estar configurado para interrumpir un proceso de soldadura cuando el dispositivo no puede validar un valor real de la fuerza registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura.

15 El controlador de soldadura antes descrito además puede presentar un módulo de regulación para evaluar la regulación del módulo de regulación de fuerza, donde el módulo de regulación está configurado para modelar la herramienta de soldadura como resorte y para regular al menos un parámetro de regulación del módulo de regulación de fuerza en base a por lo menos un parámetro que determina el resorte.

20 El dispositivo antes descrito puede formar parte de una instalación de soldadura que además presenta una herramienta de soldadura, al menos un electrodo para producir una unión por soldadura en al menos un componente, y un controlador de soldadura para controlar una producción de una unión por soldadura con la herramienta de soldadura. El controlador de soldadura puede estar configurado para interrumpir un proceso de soldadura cuando el dispositivo no puede validar un valor real de la fuerza registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura.

La herramienta de soldadura es una herramienta de soldadura por resistencia que está configurada como pinza de soldadura con dos electrodos.

25 Además, el objeto se soluciona mediante un procedimiento para la validación de valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura, según la reivindicación 14. El procedimiento se realiza con un dispositivo para un controlador de soldadura y tiene las etapas de la determinación, con un módulo de determinación, de un valor previsto de una variable física que se produce en un proceso de soldadura con una herramienta de soldadura y que depende de una fuerza que ejerce al menos un electrodo de la herramienta de soldadura, al producirse una unión por soldadura, en al menos un componente, y de la comparación, con un módulo de comparación, del valor previsto con un valor real de la variable física que se produce en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura, para validar un valor real de la fuerza registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura, donde el módulo de determinación determina el valor previsto con un modelo de la herramienta de soldadura, como se describe en la reivindicación 14.

El procedimiento logra las mismas ventajas que las mencionadas anteriormente con respecto al dispositivo.

35 Otras implementaciones posibles de la invención comprenden también combinaciones no mencionadas de forma explícita de las características o formas de ejecución antes descritas o descritas a continuación con referencia a los ejemplos de ejecución. El experto también puede añadir aspectos individuales, como mejoras o complementos, a la respectiva forma base de la invención.

40 A continuación, la invención se describe con mayor detalle haciendo referencia al dibujo que se adjunta y mediante ejemplos de ejecución. Muestran:

Figura 1 una vista esquemática muy simplificada de una instalación industrial con una instalación de soldadura según un primer ejemplo de ejecución que utiliza un controlador de soldadura para controlar una herramienta de soldadura y un dispositivo para validar valores de fuerza real en la herramienta de soldadura;

45 Figura 2 una vista en sección de electrodos de soldadura de la herramienta de soldadura según el primer ejemplo de ejecución en un estado de funcionamiento cuando la herramienta de soldadura aún no está lista para soldar;

Figura 3 una vista en sección de electrodos de soldadura de la herramienta de soldadura según el primer ejemplo de ejecución en un estado de funcionamiento cuando la herramienta de soldadura está lista para soldar y se produce una unión por soldadura;

50 Figura 4 un diagrama de un modelo equivalente de una pinza en C como circuito en serie de tres resortes;

Figura 5 un diagrama del curso en el tiempo de la fuerza real en el caso de un ejemplo especial de un salto inicial de la velocidad del movimiento de cierre de las pinzas  $v_{ACT}$ ;

5 Figura 6 una vista simplificada de un circuito de regulación según el primer ejemplo de ejecución para regular la fuerza que la herramienta de soldadura aplica sobre el punto de soldadura durante la realización de un proceso de soldadura o proceso de servicio;

Figura 7 un diagrama de flujo de un procedimiento que es realizado por el dispositivo según el primer ejemplo de ejecución para la validación de valores de fuerza reales en la herramienta de soldadura;

Figura 8 un diagrama de un dispositivo para validar valores de fuerza reales en una herramienta de soldadura, según un segundo ejemplo de ejecución; y

10 Figura 9 un diagrama de un dispositivo para validar valores de fuerza reales en una herramienta de soldadura, según un tercer ejemplo de ejecución.

En las figuras, los elementos idénticos o que cumplen la misma función están provistos de los mismos símbolos de referencia, en tanto no se indique lo contrario.

15 La figura 1 muestra una instalación industrial 1 con una instalación de soldadura 2 que se utiliza para soldar al menos un componente metálico 5, 6. En este caso, al menos un componente metálico 5, 6 se une con al menos una unión por soldadura 7. Al menos una unión por soldadura 7 es por ejemplo un punto de soldadura y/o una costura de soldadura. De este modo, los dos componentes metálicos 5, 6 o sólo dos bordes de uno de los componentes 5, 6 pueden unirse uno con otro. De forma no deseada, durante el soldado pueden producirse salpicaduras de soldadura 8.

20 La instalación industrial 1 por ejemplo es una línea de producción para vehículos, muebles, máquinas, etc., en la que se sueldan los componentes metálicos 5, 6. Para ello, la instalación de soldadura 2 presenta un controlador de soldadura 10, un primer dispositivo 20 para guiar una herramienta de soldadura 21 realizada como herramienta de soldadura por resistencia, con dos electrodos de soldadura 22, 23, un dispositivo de detección 30 que proporciona datos 35, un dispositivo de manejo 40 y un segundo dispositivo 50. El primer dispositivo 20 es controlado por un dispositivo de control 25. Además, están proporcionadas líneas de comunicaciones 41 a 45 que en particular pueden estar realizadas como sistema de bus. Con el dispositivo de manejo 40 pueden emitirse mensajes 48, en particular mensajes de estado y/o mensajes de error y/u otra información. El segundo dispositivo 50 se utiliza para validar al menos una parte de los datos 35.

30 El dispositivo 20 en particular es un robot. El dispositivo de manejo 40, por ejemplo, puede realizarse como teclado y/o como un ratón, un ordenador portátil, una pantalla sensible al tacto o no sensible al tacto, etc., o como combinaciones de los mismos.

35 Según la figura 1, la herramienta de soldadura 21 es una pinza de soldadura con al menos un electrodo 22, 23. En particular, la herramienta de soldadura 21 es una pinza de soldadura servoeléctrica. En el ejemplo de la figura 1, la pinza de soldadura está diseñada como una pinza en C. En este caso es posible que uno de los brazos de la pinza, en cuyo extremo está dispuesto por ejemplo el electrodo 22, sea un brazo de la pinza móvil, y que el otro brazo de la pinza, en cuyo extremo por ejemplo está dispuesto el electrodo 23, sea un brazo de la pinza fijo. En el brazo de la pinza fijo puede estar proporcionado el dispositivo de detección 30, en particular su sensor de fuerza. Naturalmente también son posibles otras variantes para realizar la herramienta de soldadura 21 y/o la disposición del dispositivo de detección 30 en la herramienta de soldadura 21.

40 El controlador de soldadura 10 se utiliza para controlar la herramienta de soldadura 21. Por tanto, el controlador de soldadura 10 está conectado a la herramienta de soldadura 21, así como a sus componentes eléctricos, mediante la línea de comunicaciones 41. El controlador de soldadura 10, además, mediante la línea de comunicaciones 42, está conectado al dispositivo de manejo 40. Asimismo, el controlador de soldadura 10, mediante la línea de comunicaciones 41, recibe datos 35 que fueron detectados por el dispositivo de detección 30 durante el funcionamiento de la herramienta de soldadura 21. Para ello, el dispositivo de detección 30 tiene al menos un sensor para detectar variables físicas que son relevantes en la soldadura y que a continuación se denominan como los datos 35. Las variables físicas o datos 35 de esa clase en particular comprenden una fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$  para sostener la herramienta de soldadura 21 en al menos un componente 5, 6 y/o para presionar los electrodos 22, 23 contra al menos un componente 5, 6 al realizar un proceso de soldadura para producir una unión por soldadura 7.

Con ello, el dispositivo de detección 30 en particular tiene al menos un sensor de fuerza. De manera adicional o alternativa, el dispositivo de detección 30 en particular puede presentar al menos un sensor de posición, por ejemplo un codificador rotatorio y/o un sensor de giro y/o un sensor de movimiento. Adicionalmente, el dispositivo de

detección 30 puede tener al menos un sensor para detectar al menos una variable eléctrica en el proceso de soldadura.

5 El controlador de soldadura 10 tiene un módulo de ajuste 11, un módulo de regulación de fuerza 12 y un módulo de almacenamiento 13. El módulo de ajuste 11 opcional se utiliza para el ajuste de parámetros de regulación del módulo de regulación de fuerza 12, de manera opcional mediante la evaluación de los datos 35 que se almacenan en el módulo de almacenamiento 13.

10 Para el control de un proceso de soldadura con la herramienta de soldadura 21, en el controlador de soldadura 10, con mayor precisión en su módulo de almacenamiento 13, además están almacenados parámetros base internos o valores objetivo 131 que pueden ingresarse de fábrica o que posteriormente, con la ayuda del dispositivo de manejo 40, pueden ser ingresados por un usuario. Los parámetros base internos o valores objetivo 131 pueden ser parámetros de la herramienta de soldadura 21. Además, los parámetros base internos o valores objetivo 131 pueden ser parámetros del controlador de soldadura 10, con los que se controla la herramienta de soldadura 21. En particular, los parámetros base internos o valores objetivo 131 son un ángulo de fase de una corriente de soldadura  $I_s$  y/o una resistencia  $R$  de la herramienta de soldadura 21 y/o la fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$  y/o al menos un valor límite que se utiliza para determinar si en el dispositivo de manejo 40 debe emitirse un mensaje 48, en particular un mensaje de estado y/o un mensaje de error y/u otra información. La corriente de soldadura  $I_s$  se suministra a la herramienta de soldadura 21 mediante un transformador de soldadura no representado en la figura 1. Esto se describe con mayor detalle haciendo referencia a la figura 2.

20 Todos los parámetros base internos o valores objetivo 131 pueden almacenarse como variables en función del tiempo o curso en el tiempo objetivo de las respectivas variables objetivo. Con ello, en particular puede almacenarse una corriente de soldadura  $I_s(t)$  y/o una resistencia  $R(t)$  de la herramienta 21 y/o la fuerza de retención y/o fuerza de apriete  $F_s(t)$ . De este modo, pueden almacenarse cursos en el tiempo continuos o cursos en el tiempo fijados de forma intermitente.

25 El dispositivo de detección 30 emite al menos una parte de sus datos 35 al segundo dispositivo 50. Los datos 35 en particular comprenden una posición predeterminada  $L_G$  de los electrodos 22, 23, así como al menos la posición del electrodo 22 en el brazo de la pinza móvil y/o una posición real  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23, variable en el tiempo, así como al menos la posición real  $L_{ACT}$  del electrodo 22, variable en el tiempo, en el brazo de la pinza móvil y la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  de la fuerza retención y/o de apriete  $F_s$ , registrada durante el proceso de soldadura. A continuación, el dispositivo 50 puede enviar los datos 35 al controlador de soldadura 10.

30 El segundo dispositivo 50 tiene un módulo de determinación 51 y un módulo de comparación 52. El módulo de determinación 51 se utiliza para determinar, en particular para calcular, una posición real  $L_E$  prevista de los electrodos 22, 23. En este caso, el dispositivo 50 utiliza un modelo 511 de la herramienta de soldadura 21 para la determinación de una posición modelada de la herramienta de soldadura 21, en particular de una flexión hacia arriba del brazo  $A_B$ , de la herramienta de soldadura 21. El módulo de comparación 52 se utiliza para comparar el resultado de la determinación con la posición real  $L_{ACT}$ , con el valor real de posición, de los electrodos 22, 23 de la herramienta de soldadura 21. Dependiendo del resultado de la comparación del módulo de comparación 52, el módulo de comparación 52 controla el controlador de soldadura 10, interrumpiendo o no el proceso de soldadura. Además, el módulo de comparación 52, dependiendo del resultado de la comparación, puede controlar el dispositivo de manejo 40, emitiendo o no un mensaje de error como mensaje 48. Esto se describe a continuación con mayor detalle.

40 Durante el guiado de la herramienta de soldadura 21 con un brazo 24 del dispositivo 20, el dispositivo 20 es controlado por su dispositivo de control 25. Para ello, el dispositivo de control 25 está conectado al controlador de soldadura 10 mediante la línea de comunicaciones 43. De manera opcional, el dispositivo de control 25 está conectado al dispositivo de manejo 40 mediante una línea de comunicaciones 44. La apertura o el cierre de la herramienta de soldadura 21 tiene lugar mediante el accionamiento de un dispositivo de accionamiento 26.

45 De manera adicional o alternativa, el dispositivo de control 25 está conectado directamente al dispositivo de detección 30 y/o a los componentes eléctricos de la herramienta de soldadura 21 con la ayuda de una línea de comunicaciones 45. Si no existe la necesidad de redundancia es posible omitir la línea de comunicaciones 43.

50 Mediante las líneas de comunicaciones 42 a 45 pueden intercambiarse datos relevantes para la realización de una soldadura con la herramienta de soldadura 21 entre el controlador de soldadura 10 y el dispositivo 20, expresado con mayor precisión, entre el dispositivo de control 25 y/o el dispositivo de manejo 40. Además, en el dispositivo de control 25 pueden estar almacenados parámetros base internos o valores objetivo 251 del dispositivo de control 25, con los que la herramienta de soldadura 21 se controla en particular para su posicionamiento en el espacio y, por tanto, en los componentes 5, 6.

55 La figura 2 muestra con mayor precisión la estructura de los electrodos 22, 23 de la herramienta de soldadura 21 en el presente ejemplo de ejecución. Conforme a ello, el electrodo 22 está diseñado como un mango de electrodos que,

5 en un extremo, está provisto de una tapa de electrodo 220. La tapa de electrodo 220, en el electrodo 22, está dispuesta en su extremo orientado hacia el componente 5. La tapa de electrodo 220 tiene un eje 221. El eje 221 es idéntico al eje del electrodo 22. Además, el electrodo 23 está diseñado como un mango de electrodos que está provisto de una tapa de electrodo 230. La tapa de electrodo 230, en el electrodo 23, está dispuesta en su extremo orientado hacia el componente 6. La tapa de electrodo 230 tiene un eje 231. El eje 231 es idéntico al eje del electrodo 23.

10 En el ejemplo de la figura 2, el electrodo 22 está montado en el brazo de la pinza móvil de la herramienta de soldadura 21. El electrodo 23 está montado en el brazo de la pinza fijo de la herramienta de soldadura 21. En el presente ejemplo, los brazos de la pinza de la herramienta de soldadura 21 están abiertos. Debido a esto, los ejes 221, 231 se sitúan transversalmente uno con respecto a otro. Al menos un componente 5, 6, en cambio, entre los electrodos 22, 23; expresado con mayor precisión, entre sus tapas de electrodos 220, 230, tiene un grosor D.

15 El estado de funcionamiento de la figura 2 se encuentra presente al disponer la herramienta de soldadura 21 en un punto que debe soldarse en los componentes 5, 6. En ese estado de funcionamiento, la herramienta de soldadura 21 aún no está lista para soldar. Por ese motivo, desde el transformador de soldadura 27 aún no se suministra corriente de soldadura Is.

La herramienta de soldadura 21 puede mecanizarse con un dispositivo de limpieza 60, representado de forma muy esquemática, que puede estar realizado como dispositivo de fresado y/o de corte, o dispositivo de cambio, de manera que la parte sucia de las tapas de electrodos 220, 230 se corta o fresa en caso necesario. Por consiguiente, las tapas de electrodos 220, 230 son objetos de desgaste.

20 Como se ilustra en la figura 3, los electrodos 22, 23, en el funcionamiento de la herramienta de soldadura 21, están dispuestos en ambos lados del punto que debe soldarse, en al menos un componente 5, 6, y con la ayuda de una fuerza de retención y/o de apriete Fs se colocan en al menos un componente 5, 6. Debido a ello, en un caso ideal, los ejes 221, 231 están dispuestos en una línea.

25 Expresado de otro modo, en el estado de funcionamiento de la figura 3, los dos electrodos 22, 23 sujetan los componentes 5, 6 con la fuerza Fs. Los electrodos 22, 23, dependiendo del número de los procesos de fresado y/o de corte ya realizados en las tapas de electrodos 220, 230, deben colocarse a una distancia diferente en al menos un componente 5, 6, para alcanzar la fuerza Fs deseada.

30 En ese estado, en el que la herramienta de soldadura 21 está cerrada y se ha constituido una fuerza Fs, se produce una flexión hacia arriba del brazo AB. Los brazos de la pinza de la herramienta de soldadura 21 se comportan como un resorte, como se describe a continuación con mayor detalle.

35 A continuación, a los electrodos 22, 23, con la ayuda de un transformador de soldadura 27, se suministra una corriente de soldadura Is por una duración T predeterminada y en una característica predeterminada. Para ello se suministra la corriente Is con un curso de la corriente definido, en particular regulado al menos de forma parcial. Debido a ello se produce calor en al menos un componente 5, 6; de modo que se conforma una lente de soldadura que después forma la unión por soldadura 7.

Como se mencionó anteriormente, durante el funcionamiento de la herramienta de soldadura 21 se registran datos 35 con el dispositivo de detección 30. Para la validación de al menos una parte de los datos 35, el dispositivo 50 procede de la siguiente manera.

40 El dispositivo 50 utiliza el modelo 511 de la herramienta de soldadura 21 para determinar una posición modelada de la herramienta de soldadura 21, en particular de una flexión hacia arriba del brazo AB, de la herramienta de soldadura 21. De este modo, el modelo 511 adopta la herramienta de soldadura 21 como resorte. Por consiguiente, a la herramienta de soldadura 21 en el modelo 511 se asigna una constante de resorte equivalente kE, como se explica con mayor detalle haciendo referencia a la figura 4.

45 La flexión hacia arriba del brazo AB de la herramienta de soldadura 21 en el proceso de soldadura y/o en el transcurso del proceso de soldadura, en el modelo 511, con ello, se calcula a partir de la fuerza real FS\_ACT, de la fuerza de retención y/o de apriete Fs en el proceso de soldadura, como

$$A_B = \frac{F_{S\_ACT}}{k_E} \quad (1)$$

Según la ecuación (1), la flexión hacia arriba del brazo AB de la herramienta de soldadura 21 depende de la fuerza real FS\_ACT de la fuerza de retención y/o de apriete Fs. Es decir, que tanto mayor sea la fuerza real FS\_ACT de la

fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$ , tanto mayor será la flexión hacia arriba del brazo  $A_B$ . Al estar abiertos los brazos de la pinza, de la herramienta de soldadura 21, la fuerza real es  $F_{S\_ACT} = 0$ . Con ello, en este estado, la flexión hacia arriba del brazo es  $A_B = 0$ .

5 En el transcurso del proceso de soldadura, la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  se incrementa debido a la dilatación térmica del material de al menos un componente 5, 6, debido a la introducción de la corriente  $I_s$ . En cambio, la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  se reduce después de que al menos un componente 5, 6 se funde para la unión por soldadura 7. Si se producen salpicaduras de soldadura 8, la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  también se reduce. Con ello, la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  y, debido a esto, también la flexión hacia arriba del brazo  $A_B$  de la herramienta de soldadura 21, varía en el transcurso del proceso de soldadura.

10 La figura 4 muestra un modelo equivalente 210 de la herramienta de soldadura 21, que toma como base el modelo 511, y que es utilizado por el dispositivo 50. El modelo equivalente 210 modela la herramienta de soldadura 21 como resorte, expresado con mayor precisión, como una conexión en serie de resortes 211, 212, 213. En este caso, el resorte 213 está dispuesto entre los resortes 211, 212. El resorte completo y, con ello, la pinza de soldadura 21 modelada, está determinado por una constante de resorte equivalente  $k_E$  y por un tiempo muerto  $T_t$ . El tiempo muerto  $T_t$  está ilustrado en la figura 5, en donde se ilustra la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  de la fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$  en el tiempo  $t$ , en el caso de un salto inicial de la velocidad real del movimiento de las pinzas  $v_{ACT}$ . En el ejemplo de la figura 5, la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  se indica en la unidad física N y el tiempo  $t$  en la unidad física ms.

20 El resorte 211 representa las propiedades mecánicas del primer brazo de la pinza de la herramienta de soldadura 21, que aquí es móvil. El resorte 212 representa las propiedades mecánicas del segundo brazo de la pinza de la herramienta de soldadura 21, que aquí es fijo. El resorte 213 representa las propiedades mecánicas de al menos un componente 5, 6.

El resorte 211 tiene una constante de resorte  $k_{F1}$ . El resorte 212 tiene una constante de resorte  $k_{F2}$ . El resorte 213 tiene una constante de resorte  $k_{F3}$ . Mediante la conexión en serie resulta una constante de resorte total o la constante de resorte equivalente  $k_E$  según la ecuación (2)

25 
$$1/k_E = 1/k_{F1} + 1/k_{F2} + 1/k_{F3} \quad \dots(2)$$

La constante de resorte total o la constante de resorte equivalente  $k_E$ , con ello, siempre es menor que cada constante de resorte individual  $k_{F1}$ ,  $k_{F2} + k_{F3}$ . Por consiguiente, al agruparse los resortes 211 a 213 resulta un resorte completo más flexible. La fuerza  $F_s(t)$  que varía en el tiempo  $t$ , en la conexión en serie de los resortes 211 a 213, actúa con la misma magnitud en cada uno de los resortes 211 a 213.

30 El dispositivo 50, por ejemplo en la puesta en funcionamiento de la instalación de soldadura 2 y/o de la herramienta de soldadura 21, puede calcular la constante de resorte equivalente  $k_E$  a partir de la siguiente ecuación (3)

$$k_E = \Delta F_{S\_ACT} / \Delta s_{ACT} = \Delta F_{S\_ACT} / v_{ACT} * \Delta t \quad \dots(3)$$

35 En este caso,  $\Delta F_{S\_ACT}$  es la diferencia de la fuerza registrada, que se produce cuando al menos un brazo de la pinza de la herramienta de soldadura 21, por un periodo predeterminado  $\Delta t$ , se acciona con una velocidad  $v_{ACT}$  constante predeterminada. De este modo, los brazos de la pinza, por tanto los resortes 211, 212 y, con ello, también los resortes 213, se presionan juntos en un recorrido  $\Delta s_{ACT}$ .

40 Si está determinada la constante de resorte equivalente  $k_E$  y/o el tiempo muerto  $T_t$ , en particular mediante la utilización de un dinamómetro de fuerza, la constante de resorte equivalente  $k_E$  determinada y/o el tiempo muerto  $T_t$  determinado, se almacenan en los datos 35 en el modelo 511 y eventualmente, de manera adicional, en el módulo de almacenamiento 13. Por tanto, el dispositivo 50, en los procesos de soldadura subsiguientes, puede utilizarse con la herramienta de soldadura 21, la constante de resorte equivalente  $k_E$  y/o el tiempo muerto  $T_t$ .

De manera alternativa es posible determinar la flexión hacia arriba del brazo  $A_B$ , en lugar de ello, como función de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  como polinomio de primer a tercer orden, con la siguiente ecuación (4):

$$A_B = a * F_{S\_ACT}^3 + b * F_{S\_ACT}^2 + c * F_{S\_ACT} + d \quad \dots(4)$$

45 La identificación de los coeficientes a, b, c se realiza con un procedimiento de aproximación que, después de mediciones precedentes, reduce a un mínimo la desviación relativa entre valores calculados y medidos de la flexión

hacia arriba del brazo  $A_B$ , en toda el área de utilización de la herramienta de soldadura 21. En este caso se utiliza el método de los mínimos cuadrados. La determinación de la constante de resorte equivalente  $k_E$  es un caso especial de ese procedimiento, en el que los coeficientes  $a$ ,  $b$  y  $d$  se fijan en cero. Si  $c$  es la constante de resorte equivalente  $k_E$ , resulta como ecuación (5)

5 
$$A_B = c * F_{S\_ACT} = k_E * F_{S\_ACT} \quad \dots(5)$$

Al estar cerrada la herramienta de soldadura 21, donde ningún componente 5, 6 con un grosor  $D$  está dispuesto entre los electrodos 22, 23, los electrodos 22, 23 y, con ello, sus tapas de los electrodos 220, 230, están dispuestos en una posición  $L_G$  predeterminada. Esa posición  $L_G$  se denomina como posición real al estar cerrada la herramienta de soldadura 21.

10 De este modo, el dispositivo 50, para la validación de los datos 35, procede del siguiente modo. En particular, el módulo de determinación 51, en la realización de un proceso de soldadura, determina la posición  $L_E$  prevista de los electrodos 22, 23, como

$$L_E = L_G - D + A_B \quad \dots(6)$$

15 A continuación, el módulo de comparación 52, con la posición actual o la posición real  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23, durante el proceso de soldadura, calcula una diferencia de posición  $L_{DIFF}$  como diferencia de la posición actual o posición real  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23 en el proceso de soldadura y la posición  $L_E$  prevista, determinada por el módulo de determinación 51, como

$$L_{DIFF} = L_{ACT} - L_E \quad \dots(7)$$

20 Si la diferencia de posición  $L_{DIFF}$  es demasiado grande, por tanto, la magnitud de  $L_{DIFF}$  supera un valor límite predeterminado que está almacenado en los parámetros base internos o valores objetivo 131, el módulo de comparación 52 controla el controlador de soldadura 10, para interrumpir el proceso de soldadura. De manera opcional, el módulo de comparación 52 controla además el dispositivo de manejo 40, para emitir un mensaje de error como mensaje 48. Como resultado se produce una unión por soldadura 7 no defectuosa.

25 La figura 6 ilustra la estructura del circuito de regulación formado con el módulo de regulación de fuerza 12 para la fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$  en un proceso de soldadura con la herramienta de soldadura 21.

La sección de regulación 122 es una sección que se integra (sección I). Además, existe el tiempo muerto  $T_t$  que actúa en la herramienta de soldadura 21, entre la introducción y la acción de la fuerza  $F_s$ . En la sección de regulación 122, con ello, se produce un retraso en el tiempo en la constitución de la fuerza  $F_s(t)$ , en forma del tiempo muerto  $T_t$ , como se describió anteriormente haciendo referencia a la figura 5.

30 En el proceso de soldadura se produce una unión por soldadura 7. De este modo, la figura 6 muestra con mayor precisión el módulo de regulación de fuerza 12 y su conexión con el módulo de ajuste 11, el módulo de almacenamiento 13, el dispositivo de detección 30 y el dispositivo 50. Además, en el módulo de almacenamiento 13 pueden almacenarse datos 35, entre otros, una fuerza real  $F_{S\_ACT}$  de la fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$  registrada durante el proceso de soldadura por el dispositivo detección 30, y/o la posición real  $L_{ACT}$ . Además, en el  
35 módulo de almacenamiento 13 están almacenados los parámetros base y las variables objetivo 131, entre otros, una fuerza objetivo  $f(t)$ , que depende del tiempo, para la fuerza de retención y/o de apriete, y el valor límite para la diferencia de posición  $L_{DIFF}$ . Además, en el módulo de almacenamiento 13 pueden almacenarse los parámetros de ajuste 132 del módulo de ajuste 11.

40 El módulo de regulación de fuerza 12 tiene un regulador 121 con parámetros del regulador 120 ajustados de forma especial, y una sección de regulación 122. Como se explica a continuación con mayor precisión, el regulador 121, en el presente ejemplo de ejecución, es un regulador PD. El regulador PD es una combinación de regulador proporcional y regulador diferencial. La sección de regulación 112 es aquella parte del circuito de regulación formado con el módulo de regulación de fuerza 12, que contiene la variable física que debe regularse, a saber, aquí la fuerza de retención y/o la fuerza de apriete  $F_s$ . De manera opcional, adicionalmente, pueden regularse otras variables  
45 físicas, en particular la posición real  $L_{ACT}$ .

## ES 2 978 889 T3

La fuerza  $F_{S\_ACT}$  que actúa en el momento es registrada por el dispositivo de detección 30, expresado con mayor precisión, por su al menos un sensor de fuerza. El resultado de detección de la fuerza  $F_{S\_ACT}$  se suministra nuevamente al regulador PD 121, como se muestra en la figura 6.

5 El regulador PD 121, con ello, actúa sobre la diferencia de la variable objetivo, por tanto, de la fuerza objetivo  $F_S(t)$  de la fuerza de retención y/o de apriete  $F_s$ , y de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  registrada, de la fuerza de retención y/o fuerza de apriete  $F_s$ . Debido a ello se presenta una fuerza  $F_{S\_ACT}$  que, durante el proceso de soldadura, actúa sobre los electrodos 22, 23 y, con ello, sobre al menos un componente 5, 6.

10 De manera opcional, el módulo de ajuste 11 puede ajustar los parámetros del regulador 120. En este caso pueden optimizarse los parámetros del regulador 120 que se necesitan para la calidad de soldadura deseada con la herramienta de soldadura 21 utilizada en el momento. De manera opcional, el módulo de ajuste 11 puede adaptar después los parámetros del regulador 120 ajustados, durante el funcionamiento en curso de la instalación de soldadura. En este caso, por ejemplo, puede realizarse un análisis de la desviación de regulación  $F_{S1} = F_S(t) - F_{S\_ACT}$ .

En un procedimiento para la validación de los valores de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$ , el dispositivo 50 procede del siguiente modo. El procedimiento se ilustra en la figura 7.

15 El procedimiento de la figura 7 para la validación de los valores de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  y para controlar una herramienta de soldadura 21, por ejemplo, se realiza para producir una unión por soldadura 7 en un proceso de soldadura. En el proceso de soldadura, en un caso normal, se prevé la aplicación de una corriente de soldadura  $I_s$ . De manera alternativa, sin embargo, el procedimiento de la figura 7 puede realizarse en un proceso de servicio, por tanto, sin la aplicación de una corriente de soldadura  $I_s$ .

20 En una etapa S1, del módulo de determinación 51 determina la posición  $L_E$  prevista de los electrodos 22, 23 de la herramienta de soldadura 21, del modo antes descrito. El módulo de determinación 51 envía la posición  $L_E$  determinada al módulo de comparación 52. Después de esto, el flujo pasa a una etapa S2.

25 En la etapa S2, el módulo de comparación 52 determina si la posición de diferencia  $L_{DIFF}$ , en cuanto a la magnitud, es mayor que el valor límite predeterminado. Si la diferencia de posición  $L_{DIFF}$ , conforme a la magnitud, es menor que el valor límite predeterminado, el flujo pasa a una etapa S3. De lo contrario, por tanto, si la diferencia de posición  $L_{DIFF}$ , conforme a la magnitud, es mayor que el valor límite predeterminado, el flujo pasa a una etapa S6.

En la etapa S3 se realiza el proceso de soldadura. Con ello, mediante el control del controlador de soldadura 10, con la herramienta de soldadura 21, en al menos un componente 5, 6, se produce la unión por soldadura 7, del modo antes descrito. A continuación, el flujo pasa a una etapa S4.

30 En la etapa S4 se controla si la unión por soldadura 7 producida en la etapa S3 cumple con las exigencias de calidad predeterminadas. A continuación, el flujo pasa a una etapa S5.

35 En la etapa S5, el resultado del control de la etapa S4 se almacena en el módulo de almacenamiento 13. De manera alternativa o adicional, el resultado del control de la etapa S4 se emite al dispositivo de manejo 40 como un mensaje 48 correspondiente. La emisión en particular puede tener lugar de forma óptica y/o acústica. Después de esto, el procedimiento finaliza.

En la etapa S6, por tanto, cuando la diferencia de posición  $L_{DIFF}$ , en cuanto a la magnitud, es mayor que el valor límite predeterminado, el proceso de soldadura se interrumpe o no se realiza. De manera opcional, adicionalmente, un mensaje 48 correspondiente puede enviarse al dispositivo de manejo 40. La emisión en particular puede tener lugar de forma óptica y/o acústica. Después de esto, el procedimiento finaliza.

40 El procedimiento de la figura 7, antes descrito, puede realizarse antes de cada proceso de soldadura o de cada proceso de servicio, como por ejemplo de un proceso de limpieza con el dispositivo de limpieza 60. De forma muy general, la validación de los valores de fuerza, de la fuerza  $F_s$ , puede realizarse en cada cierre de la herramienta de soldadura 21, en donde se mide la fuerza real  $F_{S\_ACT}$ , por tanto, por ejemplo, antes de un proceso de soldadura (con corriente de soldadura) o de un proceso de servicio (sin corriente de soldadura), por ejemplo fresado, de una colocación, o similares.

45 A diferencia de la descripción precedente, en la que el modelo 511 adopta la constante de resorte  $k_{F1}$  del brazo de la pinza fijo para la respectiva herramienta de soldadura 21, como constante, la constante de resorte  $k_{F1}$  del brazo de la pinza fijo, sin embargo, puede variar para las distintas herramientas de soldadura 21 durante la vida útil de la herramienta de soldadura 21, debido a marcas de desgaste mecánicas. Además, debido al calentamiento de la herramienta de soldadura 21, durante el soldado, puede producirse una variación de la constante de resorte  $k_{F1}$ . En caso necesario, por tanto, la constante de resorte  $k_{F1}$  puede variar en el tiempo. Esa variación puede tener

lugar en el transcurso de la vida útil de la herramienta de soldadura 21 y/o en un proceso de soldadura y/o en el transcurso de un proceso de soldadura.

5 Además, el modelo 511 adopta como constante la constante de resorte  $k_{F2}$  del brazo de la pinza móvil para la respectiva herramienta de soldadura 21. La constante de resorte  $k_{F2}$  del brazo de la pinza móvil, sin embargo, puede variar para las distintas herramientas de soldadura 21, durante la vida útil de la herramienta de soldadura 21, debido a marcas de desgaste. Además, debido al calentamiento de la herramienta de soldadura 21, durante el soldado, puede producirse una variación de la constante de resorte  $k_{F2}$ . En caso necesario, por tanto, la constante de resorte  $k_{F2}$  puede variar en el tiempo. Esa variación puede tener lugar en el transcurso de la vida útil de la herramienta de soldadura 21 y/o en un proceso de soldadura y/o en el transcurso de un proceso de soldadura.

10 En cambio, el modelo 511 considera que la constante de resorte  $k_{F3}$  de al menos un componente 5, 6, en un intervalo de tiempo entre los procesos de limpieza con el dispositivo de limpieza 60, varía con el tiempo  $t$ . La variación de la constante de resorte  $k_{F3}$  se produce al realizar un proceso de soldadura. Por ejemplo, una variación se produce debido a la dilatación, a causa del calor, y debido a que se funden los componentes 5, 6.

15 Puesto que la validación de fuerza se realiza antes del periodo de soldadura, esas influencias perjudiciales/variaciones de la constante de resorte equivalente no juega ningún rol a este respecto.

Además, el módulo de ajuste 11 puede variar la parametrización del regulador 120 en función de la constante de resorte equivalente  $k_E$  modificada.

20 Según una modificación del presente ejemplo de ejecución, el módulo de ajuste 11 no evalúa la desviación de regulación FS1, del modo antes descrito. En lugar de ello, el controlador de soldadura 10, en particular su módulo de ajuste 11, evalúa el espectro de frecuencia de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$ . En este caso, el controlador de soldadura 10, en particular su módulo de ajuste 11, utiliza un análisis FFT (FFT = Fast Fourier Transformation, transformada rápida de Fourier). Si en el espectro de frecuencia de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  pueden detectarse máximos, entonces esto indica una oscilación. Con ello, el módulo de ajuste 11 evalúa los máximos como una presencia de una oscilación de fuerza. De este modo pueden detectarse y evitarse oscilaciones de fuerza.

25 La fuerza 8 muestra un dispositivo 50A y una parte de una herramienta de soldadura 21 que puede utilizarse en un segundo ejemplo de ejecución. La herramienta de soldadura 21 tiene un dispositivo de accionamiento 26 para el accionamiento de la herramienta de soldadura 21, para la variación de la flexión hacia arriba del brazo  $A_B$ . En este caso, al dispositivo de accionamiento 26 se suministra una corriente de accionamiento  $I_n$ , de manera que el dispositivo de accionamiento 26 es accionado con una velocidad de rotación  $n$  predeterminada.

30 El dispositivo 50A, a diferencia del dispositivo 50 según el ejemplo de ejecución precedente, de manera adicional, está configurado para incluir la corriente de accionamiento real  $I_{n\_ACT}$  en el control de validación. Para ello, el modelo 511 utiliza una corriente de accionamiento de referencia o corriente de accionamiento prevista  $I_E$  como función de la fuerza real  $F_{S\_ACT}$  y de una constante del par de rotación  $k_m$ .

35 Con ello, el módulo de determinación 51, al realizar un proceso de soldadura, determina la corriente de accionamiento prevista  $I_E$  como

$$I_E = (F_{S\_ACT} * k_V) / (2\pi * k_m) \quad (8)$$

A continuación, el módulo de comparación 52, con la corriente actual  $I_n$  o la corriente de accionamiento real  $I_{n\_ACT}$  del dispositivo de accionamiento 26, durante el proceso de soldadura, calcula una diferencia de corriente  $I_{DIFF}$  según la ecuación (9), como

$$I_{DIFF} = I_{n\_ACT} - I_E \quad \dots (9)$$

40 Por tanto, la diferencia se calcula a partir de la corriente actual o la corriente real  $I_{n\_ACT}$  durante el proceso de soldadura y de la corriente de accionamiento prevista  $I_E$ , determinada por el módulo de determinación 51.

45 Si la diferencia de corriente  $I_{DIFF}$  es demasiado grande, por tanto, la magnitud de  $I_{DIFF}$  supera un valor límite predeterminado, el módulo de comparación 52 controla el controlador de soldadura 10, para interrumpir el proceso de soldadura. De manera opcional, el módulo de comparación 52 controla además el dispositivo de manejo 40, para emitir un mensaje de error como mensaje 48. Como resultado se produce una unión por soldadura 7 no defectuosa.

El valor límite predeterminado puede estar almacenado en el módulo de almacenamiento 13 como parámetro base interno o valor objetivo 131.

5 Mediante la combinación de las determinaciones del módulo de determinación 51 para la posición  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23 y de la corriente de accionamiento real  $I_{n\_ACT}$  del dispositivo de accionamiento 26 durante el proceso de soldadura, puede realizarse una detección aún mejor y/o más segura, y una reacción en cuanto a valores de fuerza, de la fuerza  $F_s$ , medidos de forma incorrecta.

10 Según una modificación del presente ejemplo de ejecución, el dispositivo 50A también utiliza parámetros del dispositivo de accionamiento 26 para determinar la posición real  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23 en el proceso de soldadura. En particular en el caso de una pinza de soldadura servoelectrica como herramienta de soldadura 21, para detectar la posición real  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23 puede utilizarse un codificador giratorio. El codificador giratorio proporciona valores de posición reales al dispositivo de detección 30, que corresponden a la posición del brazo de la pinza móvil, por tanto, en el presente ejemplo, a la posición del electrodo 22. De este modo, no se requiere un sensor de posición separado.

15 La figura 9 muestra un dispositivo 50B y una parte de una herramienta de soldadura 21, que puede utilizarse en un tercer ejemplo de ejecución. El dispositivo 50B, a diferencia de uno de los dispositivos 50, 50A según los ejemplos de ejecución precedentes, de manera adicional, está configurado para incluir el par de rotación real  $M_{n\_ACT}$  en el control de validación. Para ello, el modelo 511 utiliza un par de rotación de referencia o par de rotación previsto  $M_E$  como función de la fuerza real  $F_{s\_ACT}$ .

20 De este modo, el módulo de determinación 51, al realizar un proceso de soldadura, determina el par de rotación previsto  $M_E$  en base al par de rotación de carga  $M_L$  y al par de rotación de aceleración  $M_B$ , así como en base a la fuerza real  $F_{s\_ACT}$  con una constante de avance  $k_v$  que se calcula a partir de la velocidad de avance real  $v_{ACT}$  de al menos un electrodo 22, 23 de la pinza de soldadura 21 y de la velocidad de rotación real  $n_{ACT}$  del dispositivo de accionamiento 26, como

$$\begin{aligned} M_E &\approx M_L + M_B \\ &\approx F_{s\_ACT} * k_v / 2\pi + M_B \\ &\approx F_{s\_ACT} * (v_{ACT} / n_{ACT}) / 2\pi + 2\pi * J_{ges} * d(n_{ACT} - n_{ACT,0}) / dt \quad \dots (10) \end{aligned}$$

25 De este modo, según la ecuación (10), el par de rotación de aceleración  $M_B$  resulta del par de inercia total  $J_{ges}$  de la herramienta de soldadura 21 y de la derivada, después del tiempo  $t$ , de una diferencia de la velocidad de rotación real  $n_{ACT}$  del dispositivo de accionamiento 26 y de un valor inicial de la velocidad de rotación real  $n_{ACT,0}$  del dispositivo de accionamiento 26 en el instante  $t = 0$ .

30 A continuación, el módulo de comparación 52, con el par de rotación actual o el par de rotación real  $M_{n\_ACT}$  del dispositivo de accionamiento 26, durante el proceso de soldadura, calcula una diferencia del par de rotación  $M_{DIFF}$  según la ecuación (11), como

$$M_{DIFF} = M_{n\_ACT} - M_E \quad \dots (11)$$

Por tanto, la diferencia se calcula a partir del par de rotación actual o el par de rotación real  $M_{n\_ACT}$  durante el proceso de soldadura y del par de rotación  $M_E$  previsto, determinado por el módulo de determinación 51.

35 Si la diferencia del par de rotación  $M_{DIFF}$  es demasiado grande, por tanto, la magnitud de  $M_{DIFF}$  supera un valor límite predeterminado, el módulo de comparación 52 controla el controlador de soldadura 10, para interrumpir el proceso de soldadura. De manera opcional, el módulo de comparación 52 controla además el dispositivo de manejo 40, para emitir un mensaje de error como mensaje 48. Como resultado se produce una unión por soldadura 7 no defectuosa. El valor límite predeterminado puede estar almacenado en el módulo de almacenamiento 13 como parámetro base interno o valor objetivo 131.

Mediante la combinación de las determinaciones del módulo de determinación 51 para la posición  $L_{ACT}$  de los electrodos 22, 23 y del par de rotación real  $M_{n\_ACT}$  del dispositivo de accionamiento 26 durante el proceso de soldadura, puede realizarse una detección aún mejor y/o más segura, y una reacción en cuanto a valores de fuerza, de la fuerza  $F_s$ , medidos de forma incorrecta.

Según un cuarto ejemplo de ejecución, la herramienta de soldadura 21 está diseñada como una pinza en X. Los electrodos 22, 23, en las pinzas de soldadura mencionadas, preferentemente están realizados como mangos de electrodos refrigerados con agua.

5 Todas las configuraciones antes descritas de la instalación de soldadura 2, del controlador de soldadura 10, del dispositivo 50, 50A, 50B, del módulo de regulación 11, del módulo de regulación de fuerza 12 y del procedimiento, pueden utilizarse de forma individual o en todas las combinaciones posibles. En particular, todas las características y/o funciones de los ejemplos de ejecución antes descritos pueden combinarse en la forma deseada. Adicionalmente, en particular son posibles las siguientes modificaciones.

10 Las piezas representadas en las figuras están representadas de forma esquemática y pueden diferir en la configuración exacta de las formas mostradas en las figuras, en tanto estén garantizadas sus funciones antes descritas.

Es posible que al menos uno de los dispositivos 50, 50A, 50B no esté proporcionado como un dispositivo 50, 50A, 50B separado, sino que forme parte del controlador de soldadura 10.

15 Naturalmente, es posible que en el segundo y/o tercer ejemplo de ejecución pueda estar fijada una ponderación predeterminada, con la que tiene lugar la emisión de un mensaje de error, como mensaje 48. Es decir, por ejemplo, que si se supera la diferencia de corriente admisible  $I_{DIFF}$ , pero aún no la diferencia de posición admisible  $L_{DIFF}$ , el dispositivo 50A primero emite sólo un mensaje de advertencia, y sólo interrumpe el proceso de soldadura cuando se superan las dos diferencias  $I_{DIFF}$ ,  $L_{DIFF}$ . Lo mismo se aplica además en el caso de una combinación del segundo y el tercer ejemplo de ejecución. Con ello, al menos uno de los dispositivos 50, 50A, 50B puede estar configurado para emitir un mensaje para interrumpir el proceso de soldadura sólo cuando la comparación para al menos dos variables físicas diferentes no valide el valor real de la fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ).

20

25 Con el controlador de soldadura 10 es posible una parametrización del regulador a modo de una simulación. La parametrización del regulador puede tener lugar para un regulador de fuerza y/o un regulador de la velocidad de rotación. En particular, el módulo de regulación de fuerza 12 puede emitir al menos un valor objetivo de la velocidad de rotación  $n_S$  al dispositivo de accionamiento 26 de la herramienta de soldadura 21, para regular el accionamiento de la herramienta de soldadura 21 para la aplicación de la fuerza  $F_s(t)$ ,  $F_{S\_ACT}$  con un regulador de la velocidad de rotación del dispositivo de accionamiento 26. De manera alternativa es posible la regulación de otra variable física.

La simulación de la parametrización del regulador puede facilitarse con MATLAB Simulink.

30 La herramienta de soldadura 21 no debe estar realizada como una pinza de soldadura, sino que puede presentar sólo un electrodo de soldadura 22 o 23, etc.

De manera opcional, en ambos lados, por tanto, no sólo en el electrodo 22 o sólo en el electrodo 23, sino mediante los dos electrodos 22, 23, puede tener lugar una introducción de fuerzas  $F_s$  correspondiente.

35 Además es posible utilizar otro regulador 121, distinto de un regulador PD. En ese caso se modifican otros parámetros del regulador, del regulador 121, para evitar oscilaciones de la fuerza  $F_s$ . En este caso, de manera alternativa es posible que varios reguladores 121 estén conectados de forma consecutiva. Por ejemplo, si se utiliza un regulador de dos puntos en lugar de un regulador PD, se crearía una solución menos dinámica y menos ventajosa en cuanto a la técnica de regulación, que la solución antes descrita con regulador PD. Aquí, para evitar oscilaciones deberían adaptarse los parámetros adecuados para el regulador de dos puntos.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (50; 50A; 50B) para un controlador de soldadura (10),

5 un módulo de determinación (51) para la determinación de un valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) de una variable física que se produce en un proceso de soldadura con una herramienta de soldadura (21) y que depende de una fuerza ( $F_S(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) que ejerce al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21), durante la producción de una unión por soldadura (7), en al menos un componente (5, 6), donde la herramienta de soldadura (21) es una herramienta de soldadura por resistencia que está configurada como pinza de soldadura con dos electrodos (22, 23), y

10 con un módulo de comparación (52) para comparar el valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) con un valor real ( $L_{ACT}$ ,  $I_{n\_ACT}$ ,  $M_{n\_ACT}$ ) de la variable física que se produce en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21), para validar un valor real de la fuerza ( $F_S(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21),

donde el módulo de determinación (51) está configurado para determinar el valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) con un modelo (511) de la herramienta de soldadura (21),

15 donde el modelo (511) modela la herramienta de soldadura (21) como resorte (211, 212, 213) y presenta al menos un parámetro ( $k_E$ ,  $T_t$ ) que determina el resorte (211, 212, 213),

20 donde el módulo de comparación (52) está configurado para interrumpir el proceso de soldadura y, de manera opcional, para emitir un mensaje de error como mensaje (48) al controlador de soldadura (10), cuando una diferencia del valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) y el valor real ( $L_{ACT}$ ,  $I_{n\_ACT}$ ,  $M_{n\_ACT}$ ) de la variable física es mayor que un valor límite predeterminado,

donde la variable física es la posición de al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21) y el modelo (511) comprende una flexión hacia arriba del brazo modelada ( $A_B$ ) de la herramienta de soldadura (21), y/o donde la variable física es la corriente de accionamiento ( $I_n$ ) de un dispositivo de accionamiento (26) para el accionamiento de al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21), y/o

25 donde la variable física es un par de rotación ( $M$ ) del dispositivo de accionamiento (26) para el accionamiento de al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21).

2. Dispositivo (50; 50A; 50B) según la reivindicación 1, donde al menos un parámetro ( $k_E$ ,  $T_t$ ) que determina el resorte (211, 212, 213) es una constante de resorte equivalente ( $k_E$ ) que presenta al menos una constante de resorte ( $k_{F1}$ ,  $k_{F2}$ ) con respecto a las propiedades mecánicas de la herramienta de soldadura (21) y una constante de resorte ( $k_{F3}$ ) con respecto a las propiedades de al menos un componente (5, 6) que debe soldarse.

3. Dispositivo (50; 50A; 50B) según la reivindicación 1 ó 2, donde al menos un parámetro ( $k_E$ ,  $T_t$ ) que determina el resorte (211, 212, 213) es un tiempo muerto ( $T_t$ ) que, después de la aplicación de la fuerza ( $F_S(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) en la herramienta de soldadura (21), retrasa la formación de fuerza para producir la unión por soldadura (7).

35 4. Dispositivo (50; 50A; 50B) según una de las reivindicaciones precedentes, donde el módulo de determinación (51) está configurado para considerar una variación de al menos un parámetro ( $k_E$ ,  $T_t$ ) que determina el resorte (211, 212, 213) en un proceso de soldadura.

5. Dispositivo (50A; 50B) según una de las reivindicaciones precedentes,

donde el módulo de determinación (51) está configurado para determinar, para al menos dos variables físicas diferentes, respectivamente un valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ), y

40 donde el módulo de comparación (51) está configurado para realizar la comparación para al menos dos variables físicas diferentes, para validar el valor real de la fuerza ( $F_S(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21).

45 6. Dispositivo (50; 50A; 50B) según la reivindicación 5, donde el dispositivo (50; 50A; 50B) está configurado para utilizar una ponderación predeterminada de la comparación para al menos dos variables físicas diferentes, para determinar si primero sólo debe emitirse un mensaje de advertencia como mensaje (48).

7. Dispositivo (50; 50A; 50B) según la reivindicación 6, donde el dispositivo (50; 50A; 50B) está configurado para emitir un mensaje (48) para interrumpir el proceso de soldadura sólo después de que la comparación para al menos dos variables físicas diferentes no valida el valor real de la fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ).
8. Controlador de soldadura (10) para una herramienta de soldadura (21) con
- 5 un módulo de regulación de fuerza (12) para regular un curso de una fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) que ejerce al menos un electrodo (22, 23) de una herramienta de soldadura (21) durante la producción de una unión por soldadura (7) en al menos un componente (5, 6), y
- un dispositivo (50; 50A; 50B) según una de las reivindicaciones precedentes.
9. Controlador de soldadura (10) según la reivindicación 8, donde el controlador de soldadura (10) está configurado para interrumpir un proceso de soldadura cuando el dispositivo (50; 50A; 50B) no puede validar un valor real de la fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) registrado en un proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21).
10. Controlador de soldadura (10) según la reivindicación 9,
- además con un módulo de regulación (11) para evaluar la regulación del módulo de regulación de fuerza (12),
- 15 donde el módulo de regulación (11) está configurado para modelar la herramienta de soldadura (21) como resorte (211, 212, 213) y para regular al menos un parámetro de regulación (120) del módulo de regulación de fuerza (12) en base a por lo menos un parámetro ( $k_E$ ,  $T_t$ ) que determina el resorte (211, 212, 213).
11. Instalación de soldadura (2), con
- una herramienta de soldadura (21) que presenta al menos un electrodo (22, 23) para producir una unión por soldadura (7) en al menos un componente (5, 6),
- 20 un controlador de soldadura (10) para controlar una producción de una unión por soldadura (7) con la herramienta de soldadura (21), y
- un dispositivo (50; 50A; 50B) según una de las reivindicaciones 1 a 7.
12. Instalación de soldadura (2) según la reivindicación 11, donde el controlador de soldadura (10) está configurado para interrumpir un proceso de soldadura cuando el dispositivo (50; 50A; 50B) no puede validar un valor real de la fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) registrado en un proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21).
- 25 13. Instalación de soldadura (2) según la reivindicación 11 ó 12, además con un dispositivo (20) para guiar la herramienta de soldadura (21), donde el dispositivo (20) está configurado como un robot.
14. Procedimiento para validar valores de fuerza en el control de una herramienta de soldadura (21), donde la herramienta de soldadura (21) es una herramienta de soldadura por resistencia que está configurada como pinza de soldadura con dos electrodos (22, 23), donde el procedimiento se realiza con un dispositivo (50; 50A; 50B) para un controlador de soldadura (10) y presenta las etapas
- 30 determinación (S1), con un módulo de determinación (51), de un valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) de una variable física que se produce en un proceso de soldadura con una herramienta de soldadura (21) y que depende de una fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) que ejerce al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21), durante la producción de una unión por soldadura (7), en al menos un componente (5, 6), y
- 35 comparación (S2), con un módulo de comparación (52), del valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) con un valor real ( $L_{ACT}$ ,  $I_{n\_ACT}$ ,  $M_{n\_ACT}$ ) de la variable física que se produce en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21), para validar un valor real de la fuerza ( $F_s(t)$ ;  $F_{S\_ACT}$ ) registrado en el proceso de soldadura con la herramienta de soldadura (21),
- 40 donde el módulo de determinación (51) determina el valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) con un modelo (511) de la herramienta de soldadura (21),
- donde el modelo (511) modela la herramienta de soldadura (21) como resorte (211, 212, 213) y presenta al menos un parámetro ( $k_E$ ,  $T_t$ ) que determina el resorte (211, 212, 213),

donde el módulo de comparación (52) interrumpe el proceso de soldadura y, de manera opcional, emite un mensaje de error como mensaje (48) al controlador de soldadura (10), cuando una diferencia del valor previsto ( $L_E$ ,  $I_E$ ,  $M_E$ ) y el valor real ( $L_{ACT}$ ,  $I_{ACT}$ ,  $M_{ACT}$ ) de la variable física es mayor que un valor límite predeterminado,

5 donde la variable física es/comprende la posición de al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21) y el modelo (511) comprende una flexión hacia arriba del brazo modelada ( $A_B$ ) de la herramienta de soldadura (21),

y/o donde la variable física comprende la corriente de accionamiento ( $I_n$ ) de un dispositivo de accionamiento (26) para el accionamiento de al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21), y/o

10 donde la variable física comprende un par de rotación ( $M$ ) del dispositivo de accionamiento (26) para el accionamiento de al menos un electrodo (22, 23) de la herramienta de soldadura (21).

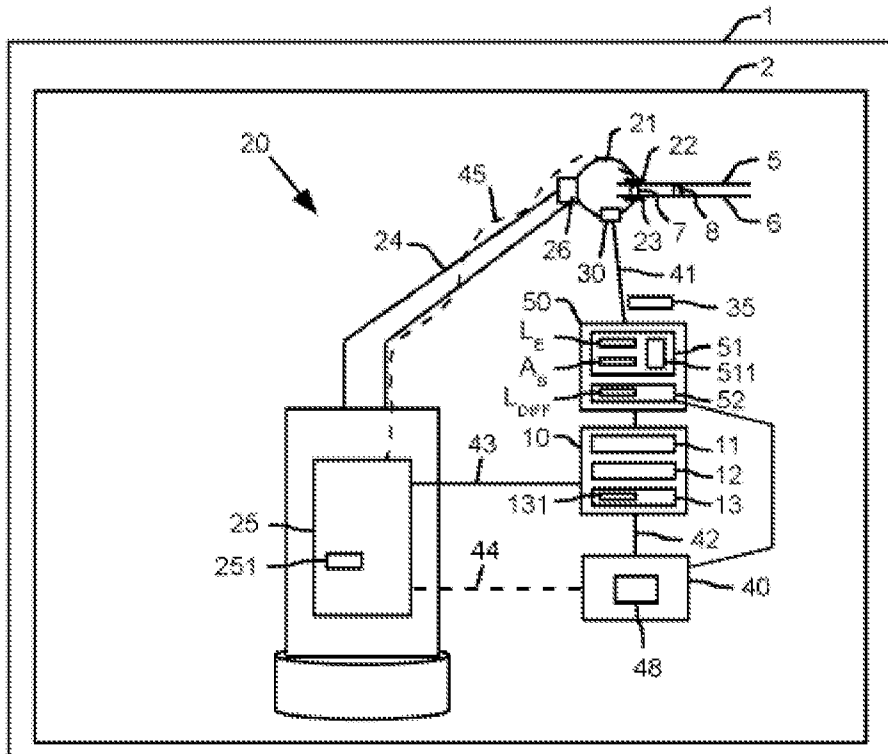
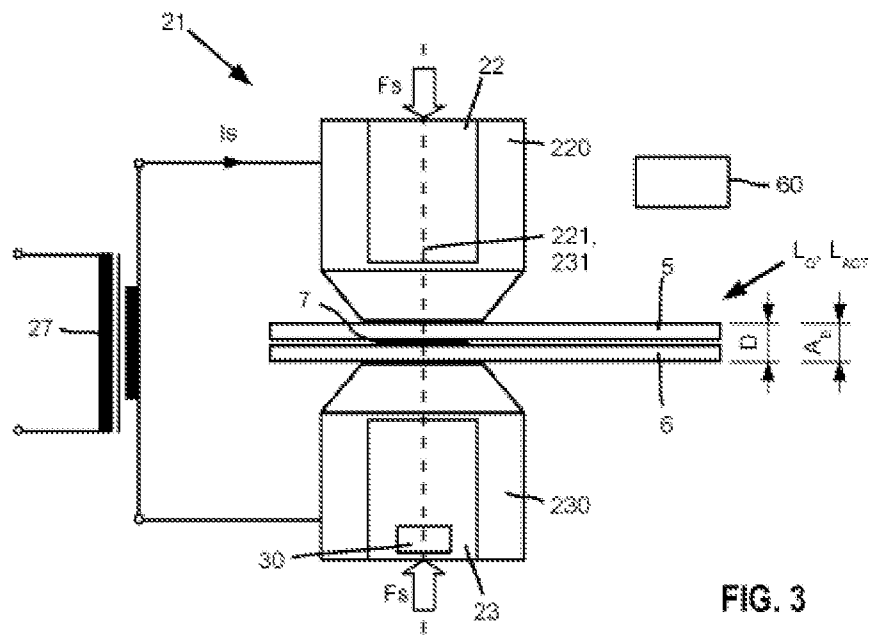
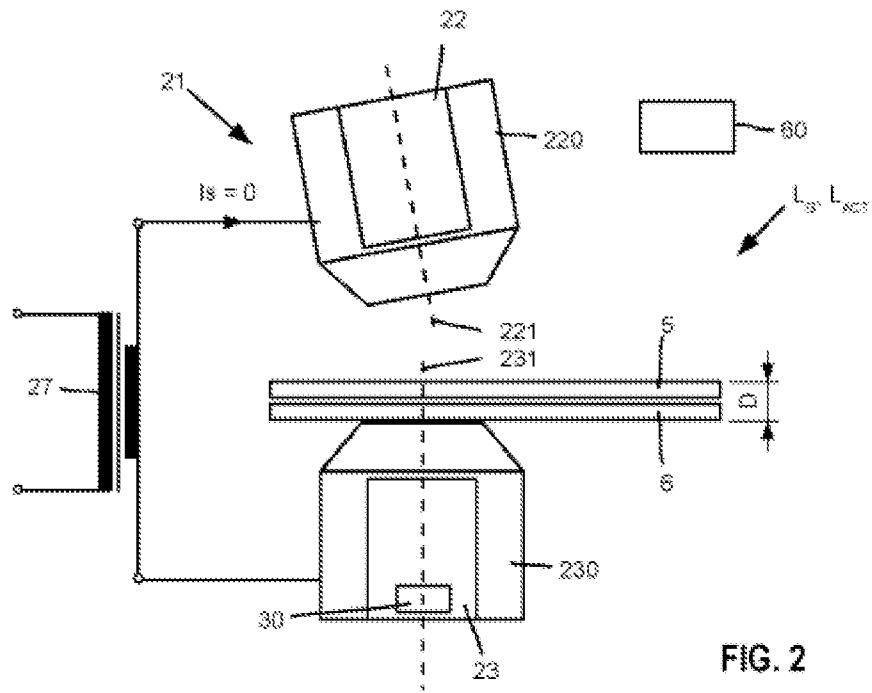


FIG. 1



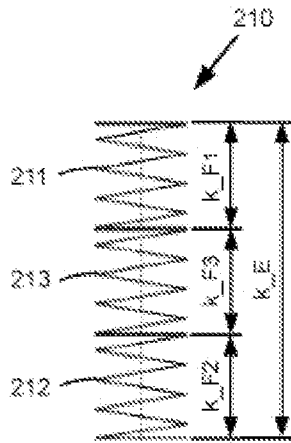


FIG. 4

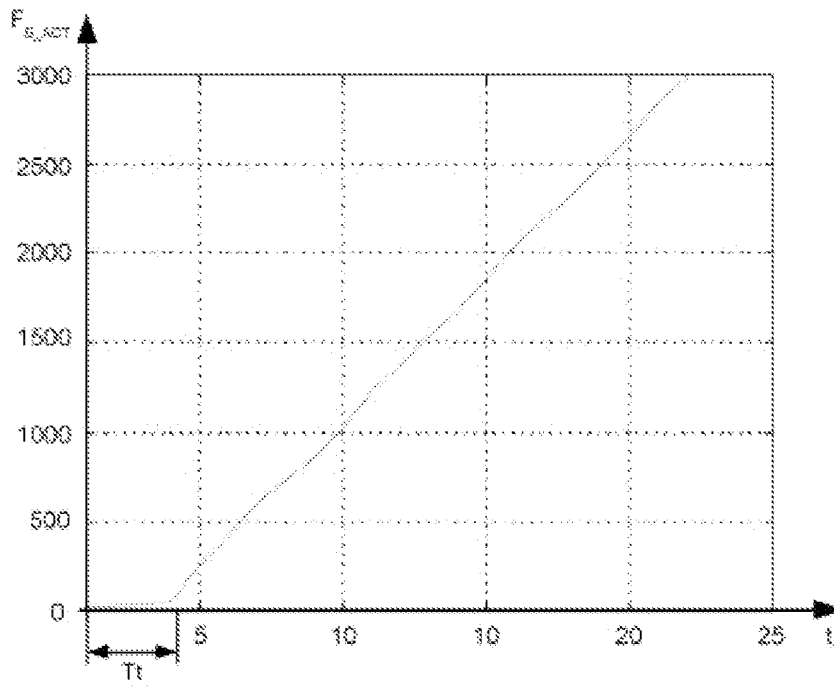


FIG. 5

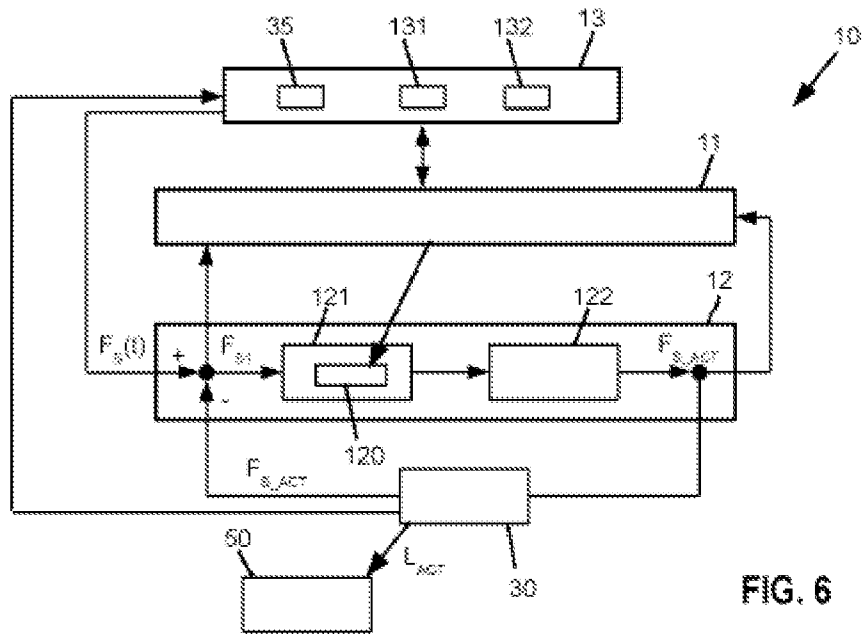


FIG. 6

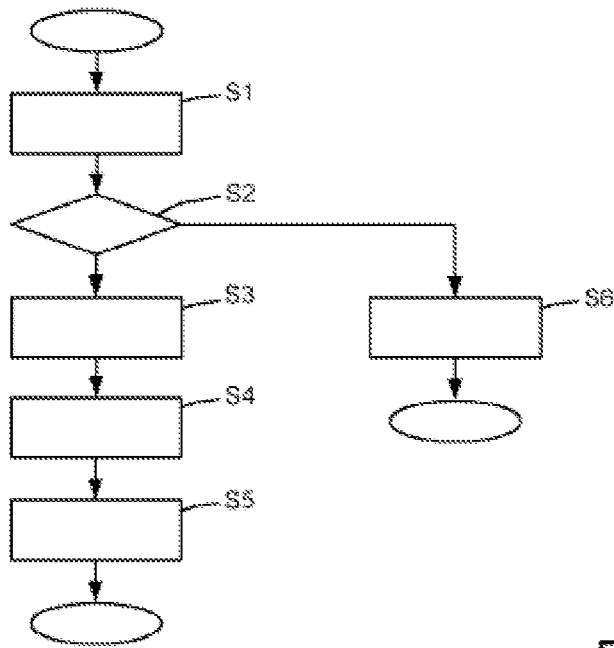


FIG. 7

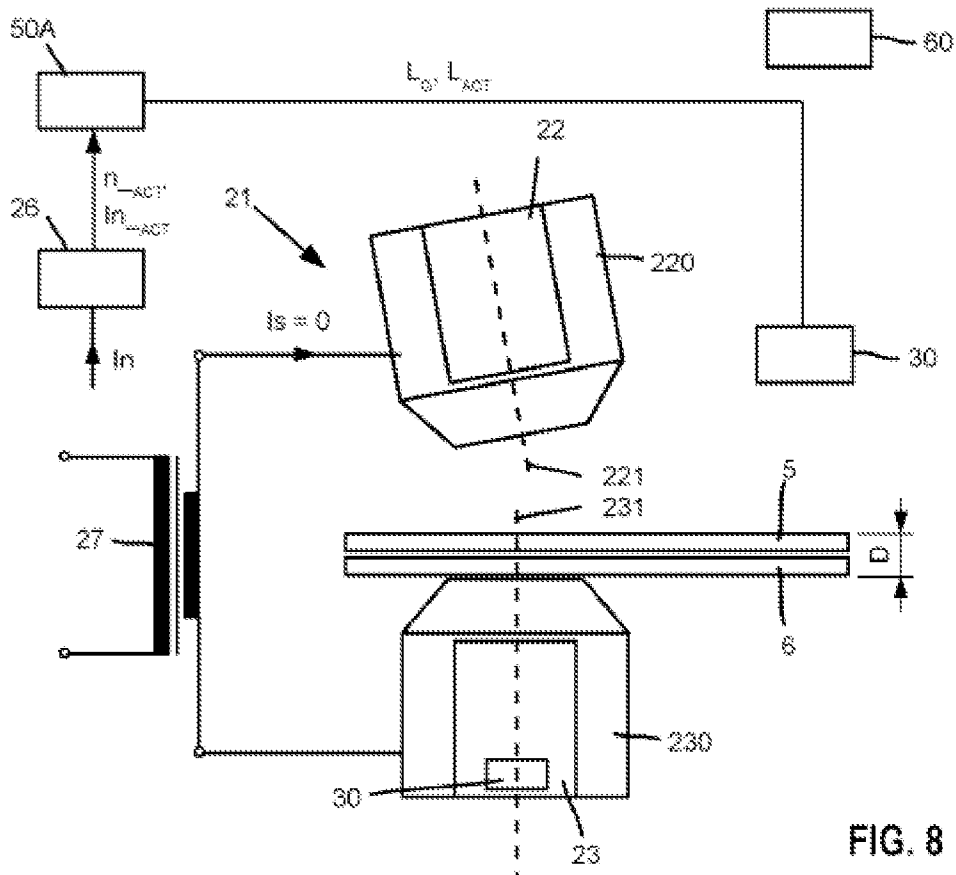


FIG. 8

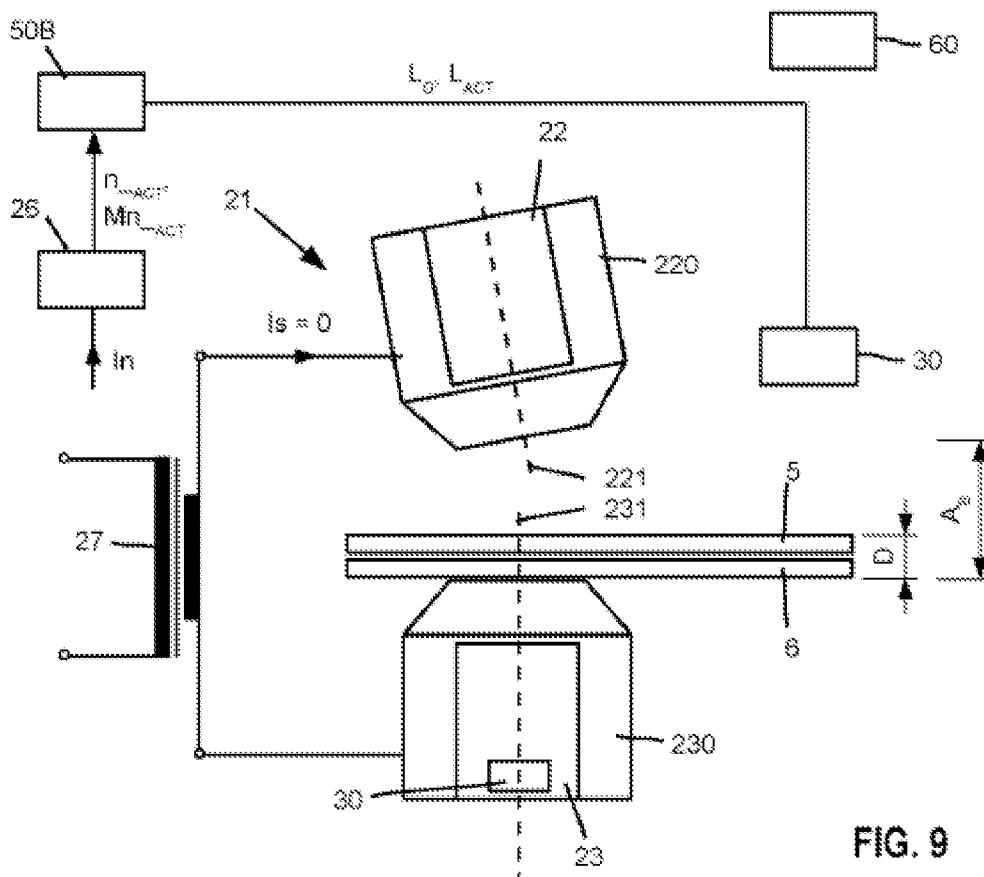


FIG. 9