

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 902 192**

51 Int. Cl.:

B23K 9/02 (2006.01)

B23K 9/095 (2006.01)

B23K 9/173 (2006.01)

B23K 31/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.05.2019 PCT/EP2019/061539**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.11.2019 WO19215079**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2019 E 19720910 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.10.2021 EP 3768454**

54 Título: **Procedimiento para la determinación automática de parámetros de soldadura óptimos para realizar una soldadura en una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

07.05.2018 EP 18171040

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.03.2022

73 Titular/es:

**FRONIUS INTERNATIONAL GMBH (100.0%)
Froniusstraße 1
4643 Pettenbach, AT**

72 Inventor/es:

**SCHÖRGHUBER, MANFRED;
MÖRTENDORFER, BERNHARD;
ANGERMAYR, DANIEL y
ENNSBRUNNER, HELMUT**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 902 192 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

Procedimiento para la determinación automática de parámetros de soldadura óptimos para realizar una soldadura en una pieza de trabajo

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación automática de parámetros de soldadura óptimos para realizar una soldadura en una pieza de trabajo.

10 Los procesos de soldadura son a menudo operaciones muy complejas, ya que los procesos de soldadura para realizar una soldadura operan sobre superficies de pieza de trabajo, cuya geometría difiere casi en cada tarea de soldadura. Además, actúa sobre el proceso de soldadura una multiplicidad de parámetros de soldadura, como la corriente de soldadura, el material de la pieza de trabajo, la velocidad de avance del hilo y el material del hilo de soldadura, por nombrar sólo algunos. Además, los procesos de soldadura tienen una componente fuertemente dependiente del movimiento, es decir, el ángulo de ataque y el ángulo de trabajo del soplete de soldadura, la velocidad de soldadura, la posición de la pieza de trabajo, etc., influyen en el proceso de soldadura.

15 La localización y el ajuste de parámetros de soldadura óptimos y parámetros de corrección es una tarea difícil que requiere mucho tiempo de especialistas y/o esfuerzo de pruebas. Generalmente, los parámetros de soldadura se encuentran de forma intuitiva o simplemente se fijan y no representan ningún valor óptimo en lo que a las posibilidades de una soldadura para una tarea de soldadura concreta en una posición de soldadura determinada se refiere, sino más bien un compromiso. Hoy en día, se suele encargar a los expertos que encuentren y definan los parámetros de soldadura óptimos para tareas de soldadura determinadas en piezas de trabajo determinadas. Después de estos pasos engorrosos y costosos, se realiza la soldadura en esta pieza de trabajo con estos parámetros de soldadura definidos. Si se detectan defectos en la pieza de trabajo soldada o si cambian determinados requisitos previos, como por ejemplo las geometrías de las piezas de trabajo, hay que reiniciar el proceso de la localización de parámetros de soldadura óptimos para lograr resultados de soldadura óptimos, lo que a su vez conlleva costes y tiempos de espera adicionales.

20 Por ejemplo, el documento WO2018/011243A1 describe un procedimiento para definir parámetros de soldadura para un proceso de soldadura, en el que sin la intervención de expertos pueden ser parametrizados procesos de soldadura a lo largo de trayectorias de soldadura arbitrarias, siendo determinados los parámetros de soldadura para el respectivo proceso de soldadura por interpolación sobre la base de parámetros de soldadura ideales, que fueron registrados y almacenados en condiciones de prueba en piezas de trabajo de prueba. De este modo, los parámetros de soldadura para determinadas geometrías de piezas de trabajo pueden juntarse automáticamente a partir de parámetros de soldadura ideales previamente definidos sin que el soldador tenga que actuar al respecto. Los parámetros de soldadura ideales se determinaron en las piezas de trabajo de prueba para una tarea de soldadura determinada que debía resolverse. Sin embargo, estas tareas pueden variar mucho en función de los requisitos, por lo que este procedimiento tiene sus límites.

30 El documento EP1415755A2 describe un sistema y un procedimiento de control de soldaduras por láser que pretende ser más sencillo que los sistemas convencionales, muy complejos, para la evaluación de la calidad de cordones soldaduras. Se describe un procedimiento en el que, para un ajuste de sistemas de sensores, se puede evaluar más fácilmente la calidad de un cordón de soldadura mediante una combinación correspondiente de señales de sensor. Se usan soldaduras de prueba para calibrar el sistema de sensores.

45 El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento antes mencionado para la determinación automática de parámetros de soldadura óptimos, mediante el cual se puedan encontrar automáticamente los parámetros de soldadura óptimos para una soldadura determinada, incluso sin especialistas o expertos, con el fin de lograr una calidad de soldadura óptima y unas condiciones de soldadura óptimas. El procedimiento debe poder realizarse de la manera más sencilla y rápida posible. Las desventajas de los procedimientos anteriores deben reducirse o evitarse.

El objetivo según la invención se consigue de tal forma que

- 55 - se realizan varias soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba, y durante cada soldadura de prueba se cambia automáticamente al menos un parámetro de soldadura de un valor inicial predefinido a un valor final predefinido, dependiendo del punto a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba,
- cada cordón de soldadura de prueba resultante a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba se mide con al menos un sensor, y al menos una señal de sensor se registra en función del punto a lo largo del cordón de soldadura de prueba,
- 60 - a partir de al menos una señal de sensor se calcula al menos un parámetro de calidad que caracteriza cada soldadura de prueba,
- a partir del al menos un parámetro de calidad se calcula una funcional de calidad para caracterizar la calidad de los cordones de soldadura de prueba en función de los parámetros de soldadura modificados,

- se determina un valor óptimo de la funcional de calidad, y a partir de este valor óptimo determinado de la funcional de calidad, se determinan los respectivos valores óptimos de los parámetros de calidad, y a partir de los valores óptimos de los parámetros de calidad de las señales de sensor, se identifican como puntos óptimos a lo largo del cordón de soldadura de prueba aquellos puntos en los que el resultado de la soldadura de prueba es óptimo según el respectivo parámetro de calidad, y los parámetros de soldadura en estos puntos identificados como óptimos de los cordones de soldadura de prueba se determinan y almacenan como valores de los parámetros de soldadura óptimos para llevar a cabo la soldadura en la pieza de trabajo.

Por tanto, el procedimiento según la invención prevé que para una tarea de soldadura determinada, con el fin de lograr una calidad de soldadura óptima y unas condiciones de soldadura óptimas, se encuentren automáticamente parámetros de soldadura óptimos sin que sea necesaria la intervención directa de un experto o especialista. Por consiguiente, el procedimiento prevé la realización automática de una serie de soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba bajo condiciones predefinidas, en las que se varían los parámetros de soldadura relevantes para resolver la respectiva tarea de soldadura, y a partir de la evaluación de los cordones de soldadura de prueba resultantes a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba, se identifican aquellos puntos a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba en los que el resultado de la soldadura de prueba es óptimo. Para poder caracterizar los cordones de soldadura de prueba, se introducen parámetros de calidad, que pueden estar definidos de forma diferente en función de la tarea de soldadura. Por ejemplo, para cordones de soldadura visibles en una pieza de trabajo pueden ser más importantes o decisivos parámetros de calidad como el grosor del cordón, la descamación del cordón, la anchura del cordón, etc., mientras que para otras tareas de soldadura pueden ser primordiales otros parámetros de calidad como, por ejemplo, la convexidad del cordón, el ángulo de transición del cordón, o similares. También es posible la medición indirecta de las soldaduras de prueba mediante el registro de parámetros de la fuente de corriente de soldadura casi a través de sensores internos de la fuente de corriente. Para facilitar el manejo de las complejas y multidimensionales relaciones entre los parámetros de soldadura, a partir de los parámetros de calidad que caracterizan los cordones de soldadura se calcula una llamada funcional de calidad según la respectiva tarea de soldadura, que caracteriza la calidad de los cordones de soldadura de prueba en función de los parámetros de soldadura modificados. Con la funcional de calidad se crea un número real fácilmente manejable en función de todos los parámetros de calidad para caracterizar la calidad de los cordones de soldadura de prueba, a partir del cual se puede determinar un valor óptimo con procedimientos relativamente sencillos. A partir de este valor óptimo de la funcional de calidad o del criterio de calidad, se pueden determinar y almacenar entonces los parámetros de calidad óptimos y, a partir de ellos, los puntos en los cordones de soldadura de prueba con propiedades de calidad óptimas y, a partir de estos, los respectivos parámetros de soldadura óptimos. Evidentemente, pueden existir más valores óptimos de la funcional de calidad, de entre los cuales se selecciona un determinado valor óptimo como base para determinar los parámetros de soldadura óptimos. Con estos parámetros de soldadura óptimos se realiza entonces la soldadura en la pieza de trabajo y se consigue automáticamente una calidad de soldadura óptima en condiciones de soldadura óptimas. El procedimiento según la invención traslada los conocimientos de los expertos y especialistas en el campo de la tecnología de soldadura a los parámetros de calidad para caracterizar los cordones de soldadura de prueba y el cálculo de una funcional de calidad para caracterizar la calidad de los cordones de soldadura de prueba, de modo que los parámetros de soldadura óptimos necesarios para cumplir con determinadas tareas de soldadura se pueden encontrar rápida y fácilmente de forma automática. De esta manera, los parámetros de soldadura óptimos para soldaduras determinadas en piezas de trabajo determinadas pueden definirse más rápidamente y sin la implicación directa de expertos correspondientes. En caso de cambios de la tarea de soldadura, también es posible reaccionar a los cambios de forma rápida y con costes más reducidos, y los parámetros de soldadura óptimos pueden ser definidos o corregidos más rápidamente. Para realizar el procedimiento, se requieren dispositivos correspondientes para el movimiento automático del soplete de soldadura y/o de la pieza de trabajo de prueba en forma de un robot de soldadura o similar, y un control correspondiente con la ayuda de un ordenador. Para la medición automática de los cordones de soldadura de prueba de las trayectorias de soldadura de prueba, se requieren sensores determinados según la respectiva tarea de soldadura, que proporcionan las señales de sensor para el cálculo de los parámetros de calidad. También los sensores internos que registran parámetros de la fuente de corriente de soldadura durante la realización de la soldadura de prueba pueden proporcionar datos para la evaluación de los cordones de soldadura de prueba. Los procesamientos posteriores de los datos extensos se lleva a cabo sobre la base de las normas de cálculo y/o las tablas correspondientes.

Según una característica de la invención, las trayectorias de soldadura de prueba se miden antes de realizar las soldaduras de prueba. Mediante este tipo de medición de las trayectorias de soldadura de prueba en las piezas de trabajo de prueba antes de realizar las soldaduras de prueba se garantiza que las trayectorias de soldadura de prueba tienen las mismas situaciones de partida y, por tanto, que las condiciones son siempre las mismas. De esta manera, queda garantizada la reproducibilidad de los datos y la comparabilidad. La medición de las trayectorias de soldadura de prueba puede realizarse con la ayuda de sensores adecuados.

Para evaluar los cordones de soldadura de prueba a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba, estos se pueden medir durante o después de la realización de las soldaduras de prueba. Los cordones de soldadura de prueba se evalúan o exploran o escanean con sensores adecuados o similares, que también pueden estar dispuestos directamente en el soplete de soldadura o en la fuente de energía, de modo que las propiedades de los

cordones de soldadura de prueba producidos pueden registrarse a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba. Durante la realización de la soldadura de prueba, con la ayuda de sensores adecuados, como por ejemplo sensores láser o sensores para detectar las emisiones de radiación, se puede observar el baño de fusión inmediatamente después de la soldadura de prueba. Alternativa o adicionalmente, el cordón de soldadura de prueba, evidentemente, también puede ser examinado después de que el baño fundido se haya solidificado y ser evaluado según una amplia variedad de aspectos. Pero la estabilidad de la soldadura de prueba y, por lo tanto, indirectamente la calidad del cordón de soldadura de prueba también puede evaluarse con sensores internos de la máquina de soldar.

Preferiblemente, al menos uno de los parámetros de soldadura velocidad de alimentación de hilo de un hilo de soldadura que se está fundiendo, velocidad de soldadura, longitud del hilo de soldadura libre, ángulo de ataque del soplete de soldadura (ángulo a lo largo del cordón de soldadura), ángulo de trabajo del soplete de soldadura (ángulo transversal al cordón de soldadura) y punto central de herramienta del soplete de soldadura se cambia durante cada soldadura de prueba en función de los puntos a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba. Los parámetros de soldadura enumerados son aquellos que tienen una influencia significativa en el cordón de soldadura y en la calidad de la misma. Sin embargo, dependiendo de la respectiva tarea de soldadura y de la pieza de trabajo que ha de ser mecanizada, también otros o más parámetros pueden ser importantes y modificarse durante las soldaduras de prueba. La evaluación de la estabilidad de la soldadura, por ejemplo, también representa un criterio importante para la evaluación de la calidad de la soldadura y de la tarea de soldadura a resolver. La estabilidad puede determinarse fácilmente mediante el registro interno de los parámetros de la fuente de corriente de soldadura.

Según otra característica de la invención, las soldaduras de prueba se efectúan a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba predefinidas con un vector tangencial constante, en particular a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba rectas con una longitud de 10 cm a 50 cm preferiblemente. Además de la posición de la pieza de trabajo de prueba, la forma de la trayectoria de soldadura de prueba también influye en la realización de la soldadura de prueba. Con un vector tangencial constante, la curvatura de la trayectoria de soldadura de prueba es constante. Por lo tanto, se trata preferiblemente de una trayectoria de soldadura de prueba recta o de una trayectoria de soldadura de prueba en forma de círculo. La longitud preferible indicada permite un cambio del respectivo parámetro de soldadura dentro de los límites habituales y, después, una evaluación suficientemente precisa de un cambio en la calidad de la soldadura de prueba a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba. Evidentemente, se pueden realizar varias búsquedas de parámetros en una sola pieza de trabajo de prueba y se pueden cambiar sucesivamente diferentes parámetros de soldadura desde un valor inicial hasta un valor final a lo largo de una trayectoria de soldadura de prueba, o se utilizan por cada parámetro de soldadura piezas de trabajo de prueba propias con una sola trayectoria de soldadura de prueba.

Si las soldaduras de prueba se realizan en piezas de trabajo de prueba planas, que preferiblemente están dispuestas en la posición de la respectiva tarea de soldadura, es posible un transcurso rápido y sencillo de las soldaduras de prueba. Al utilizar piezas de trabajo de prueba planas puede mantenerse constante la influencia de la aceleración terrestre en la pieza de trabajo de prueba. En el caso más sencillo, la disposición de las piezas de trabajo de prueba también puede ser horizontal. Si la posición de la pieza de trabajo de prueba en la respectiva tarea de soldadura debe ser universal, también se pueden realizar varias soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba en diferentes posiciones, es decir, con diferente disposición respecto al vector de aceleración terrestre, y tenerlas en cuenta a la hora de definir los parámetros de calidad.

Los cordones de soldadura de prueba a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba pueden medirse con la ayuda de procedimientos de medición no destructivos, por ejemplo sensores ópticos, en particular escáneres láser, cámaras o similares, sensores de rayos X y/o sensores de temperatura, preferiblemente durante la realización de la soldadura de prueba. El escaneo de los cordones de soldadura de prueba a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba de las piezas de trabajo de prueba con sensores sin contacto tiene la ventaja de que la medición de los cordones de soldadura de prueba puede realizarse con especial rapidez y a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba completa. En el caso de determinados factores de influencia, puede ser ventajoso realizar la medición de los cordones de soldadura de prueba inmediatamente después de la soldadura de prueba. Por ejemplo, el curso de la temperatura en el material de la pieza de trabajo de prueba inmediatamente después de la realización de la soldadura de prueba puede proporcionar información sobre la estructura de material dentro y alrededor del cordón de soldadura de prueba. Para otros parámetros de calidad del cordón de soldadura de prueba, como por ejemplo el grosor del cordón, la anchura del cordón, la convexidad del cordón, el ángulo de transición del cordón, la ranura de penetración o la cantidad de salpicaduras y el número de poros, también puede ser ventajoso realizar la medición del cordón de soldadura de prueba solo pasado algún tiempo después de haber realizado la soldadura de prueba.

Del mismo modo, los cordones de soldadura de prueba a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba pueden ser procesados con la ayuda de procedimientos de medición destructivos, por ejemplo, mediante la creación de al menos una micrografía del cordón de soldadura de prueba a al menos una distancia predefinida a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba. Estos procedimientos de medición, naturalmente más complejos, pueden realizarse solo en unos pocos puntos a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba, pero también pueden proporcionar información esencial sobre la estructura interna del cordón de soldadura de prueba, que no podría registrarse utilizando procedimientos de medición sin contacto. Las micrografías del cordón de soldadura de prueba

en determinados puntos a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba pueden, a su vez, ser analizadas con diferentes procedimientos, especialmente con la ayuda de cámaras y procedimientos de procesamiento de imágenes relacionados. El uso de determinadas sustancias químicas puede mejorar el reconocimiento de la estructura de las micrografías del cordón de soldadura de prueba. También un examen macroscópico de micrografías después de la soldadura también puede proporcionar parámetros de calidad característicos. Las micrografías se analizan y la calidad del cordón de soldadura de prueba se determina y se almacena en forma de determinadas señales de sensor y como consecuencia de parámetros de calidad caracterizadores, en función del respectivo parámetro de soldadura o del respectivo punto a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba. Dependiendo de la tarea de soldadura, este parámetro de calidad se evalúa en consecuencia y posteriormente se determina dónde o con qué parámetro de soldadura se cumple el resultado de soldadura óptimo teniendo en cuenta esta tarea. Además de la producción de micrografías, también son posibles ensayos de tracción, ensayos de flexión, etc. en las piezas de trabajo de prueba.

Durante cada soldadura de prueba, preferiblemente al menos un parámetro de soldadura se varía de forma lineal desde el valor inicial predefinido hasta el valor final predefinido en función del punto a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba en una longitud predefinida. Este procedimiento facilita, por un lado, la realización de la soldadura de prueba y, por otro, el recálculo del respectivo parámetro de soldadura considerado como óptimo al definir aquel punto a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba en el que la soldadura de prueba ha proporcionado el resultado óptimo con respecto a la tarea de soldadura planteada. Evidentemente, en lugar de fijar un valor inicial predefinido y un valor final predefinido del parámetro de soldadura, también es posible fijar sólo un valor inicial y fijar una determinada tasa de cambio en lugar de un valor final. Por ejemplo, el ángulo de ataque puede fijarse en un determinado valor inicial al principio de la trayectoria de soldadura de prueba y elevarse a una tasa de cambio de, por ejemplo, 1 °/cm del cordón de soldadura de prueba a lo largo de una longitud de 40 cm. Evidentemente, la variación de los parámetros de soldadura también puede realizarse por etapas, especialmente en el caso de rangos de parámetros más amplios, para conseguir que el sistema pueda equilibrarse. El análisis posterior de las soldaduras de prueba o de los cordones de soldadura de prueba se realiza entonces preferiblemente en aquellas zonas en las que todo el sistema de soldadura estaba equilibrado.

Las soldaduras de prueba pueden realizarse bajo diferentes condiciones de soldadura y los parámetros de soldadura óptimos para soldar bajo una condición de soldadura predefinida se realizan interpolando los parámetros de soldadura óptimos obtenidos en soldaduras de prueba bajo las condiciones de soldadura contiguas para la condición de soldadura predefinida. Por ejemplo, si la temperatura de la pieza de trabajo influye en la soldadura que ha de ser realizada en la pieza de trabajo, se pueden realizar varias soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba bajo diferentes temperaturas de la pieza de trabajo como condición de soldadura y se pueden considerar los parámetros de soldadura óptimos teniendo en cuenta la temperatura actual de la pieza de trabajo (o la temperatura ambiente si se supone que la pieza de trabajo ha adoptado la temperatura ambiente) antes de realizar la soldadura en la pieza de trabajo. Como prácticamente sólo se puede realizar un número finito de soldaduras de prueba bajo diferentes condiciones de soldadura para mantener reducido el esfuerzo, se recurre a aquellas soldaduras de prueba en aquellas condiciones de soldadura para la fijación de los parámetros de soldadura óptimos, cuyas condiciones de soldadura están por debajo y por encima de las condiciones de soldadura reales, por ejemplo, por debajo y por encima de la temperatura posible de la pieza de trabajo al realizar la soldadura, y por interpolación se fija el parámetro de soldadura óptimo. Además del ejemplo mencionado de la temperatura de la pieza de trabajo, otras condiciones de soldadura pueden ser la posición de la pieza de trabajo, las tolerancias de la geometría del cordón alrededor de la trayectoria de soldadura de prueba o las tolerancias de la anchura de la trayectoria de soldadura de prueba.

Las soldaduras de prueba se realizan preferiblemente bajo al menos dos condiciones de soldadura diferentes, respectivamente la temperatura de la pieza de trabajo, la posición de la pieza de trabajo de prueba, la geometría del cordón en las piezas de trabajo de prueba o la anchura del intersticio. Para mantener reducido el esfuerzo de realización de las soldaduras de prueba, estas sólo se pueden fijar en unas pocas condiciones de soldadura diferentes y se puede realizar una interpolación en la respectiva condición de soldadura. Antes de fijar los parámetros de soldadura óptimos interpolando los resultados de dos soldaduras de prueba diferentes en dos condiciones de soldadura distintas, se puede realizar una comprobación de si la interpolación funciona, mediante la realización de una soldadura de prueba con los parámetros de soldadura interpolados. Si esto no da una calidad óptima, se puede aumentar la precisión de las distintas soldaduras de prueba en diferentes condiciones de soldadura y se pueden realizar soldaduras de prueba adicionales en varias condiciones de soldadura. De esta manera, se puede evitar que en el caso de relaciones no lineales entre los parámetros de soldadura y la calidad de soldadura resulten parámetros de soldadura por interpolaciones lineales, que conduzcan a un incumplimiento de los criterios de calidad.

Antes de realizarse la interpolación, se determina preferiblemente la funcional de calidad en la condición de soldadura predefinida y, si la funcional de calidad difiere de un valor predefinido (es decir, no se cumplen los criterios de calidad), se realiza al menos una soldadura de prueba adicional en una condición de soldadura adicional. Mediante esta medida automática que determina si se ha incumplido la funcional de calidad, se puede evitar que se realice una interpolación lineal de los parámetros de soldadura entre condiciones de soldadura demasiado alejadas, lo que no llevaría a parámetros de soldadura óptimos y, por tanto, llevaría a una mala calidad del cordón de

soldadura resultante. De este modo, la retícula de soldaduras de prueba que deben realizarse en diferentes condiciones de soldadura puede refinarse automáticamente a posteriori si resulta que la retícula original se eligió demasiado basta, es decir, si se realizaron soldaduras de prueba con un número insuficiente de condiciones de soldadura.

Según otras características de la invención, se escanea la anchura, la altura, la convexidad, la concavidad, el volumen de relleno de cordón o el ángulo de transición de la soldadura de prueba y, a partir de estas señales de sensor, se calcula el parámetro de calidad a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba. Con la ayuda de las características enumeradas del cordón de soldadura de prueba, este puede ser evaluado suficientemente bien para la mayoría de las tareas de soldadura y, por lo tanto, se puede llegar a una conclusión sobre un parámetro de calidad óptimo y, por lo tanto, sobre los parámetros de soldadura óptimos con suficiente precisión. Por ejemplo, el trayecto recorrido por el soplete de soldadura, en el que se encuentra el parámetro de calidad óptimo, permite asignar y transferir fácilmente el parámetro determinante de la calidad a partir de unos valores inicial y final conocidos.

El valor óptimo de la funcional de calidad puede determinarse modificando sucesivamente respectivamente un parámetro de soldadura para influir respectivamente en un parámetro de calidad. Esto representa una posibilidad de localizar el valor óptimo o un valor óptimo de la funcional de calidad en el espacio multidimensional, que es más fácil de manejar pero puede llevar más tiempo.

Alternativamente, el valor óptimo de la funcional de calidad también puede determinarse modificando gradualmente varios parámetros de soldadura para influir en varios parámetros de calidad. De esta manera, puede aumentar eventualmente el esfuerzo computacional, pero el resultado se encuentra en un tiempo más corto. El valor óptimo de la funcional de calidad es generalmente el máximo de la funcional de calidad o un máximo de la funcional de calidad o un mínimo de la funcional de calidad en el caso de varios mínimos.

La invención se explica con más detalle con la ayuda de los dibujos adjuntos.

Muestran

la figura 1	una representación sinóptica esquemática de un proceso de soldadura;
la figura 2	un esquema de funcionamiento del procedimiento según la invención para la determinación automática de parámetros de soldadura óptimos para realizar una soldadura en una pieza de trabajo;
la figura 3	una ilustración de un sistema para la realización del procedimiento según la invención;
la figura 4	un diagrama de bloques para ilustrar la realización del procedimiento según la invención;
las figuras 5a a 5c	diferentes procedimientos para la medición de cordones de soldadura de prueba en piezas de trabajo de prueba;
la figura 6	una imagen en sección a través de una pieza de trabajo soldada en forma de un cordón en ángulo; y
figuras 7a a 7c	los cursos de algunas propiedades del cordón de soldadura resultante para ilustrar la localización de los parámetros de soldadura óptimos con la ayuda de un ejemplo.

La figura 1 muestra una representación sinóptica esquemática de un proceso de soldadura, en el que un sistema de soldadura comprende un aparato de soldadura 1, un robot de proceso 2 y un soplete de soldadura 3, que resuelve de manera correspondiente una tarea de soldadura en una pieza de trabajo 4. En consecuencia, el soplete de soldadura 3 es guiado a lo largo de una trayectoria de soldadura 7 predefinida en la pieza de trabajo 4 y entre la boquilla de contacto del soplete de soldadura 3 o el extremo del hilo de soldadura 5 y la pieza de trabajo 4 arde un arco voltaico 6. Por la fusión del material de las piezas de trabajo 4 y la fusión del hilo de soldadura 5, se produce un cordón de soldadura 8. Alternativamente o adicionalmente al movimiento del soplete de soldadura 3 con respecto a la pieza de trabajo 4, también la pieza de trabajo 4 puede ser movida con respecto al soplete de soldadura 3. Lo decisivo es el movimiento relativo entre el soplete de soldadura 3 y la pieza de trabajo 4 a lo largo de la trayectoria de soldadura 7. Para la soldadura se llevan a cabo diversos procesos de soldadura y, en función de la posición y disposición respectivas de la pieza de trabajo 4, así como de la dirección de la trayectoria de soldadura 7, que corresponde al vector tangencial t de la trayectoria de soldadura 7, se ajustan determinados parámetros de soldadura $P_i(x)$. A través de estos parámetros de soldadura $P_i(x)$ se influye significativamente en los procesos de soldadura o en la soldadura y, por tanto, en el cordón de soldadura 8. Dependiendo de la respectiva tarea de soldadura, se imponen diferentes requisitos al cordón de soldadura 8. Por ejemplo, la soldadura puede optimizarse a través del ajuste de los parámetros de soldadura $P_i(x)$ para la velocidad de soldadura, la profundidad de penetración segura, los requisitos de dinámica de vibración, pero también un cordón de soldadura 8 visualmente atractivo. Por lo tanto, para realizar una soldadura en una pieza de trabajo 4, teniendo en cuenta la respectiva tarea de soldadura, existe siempre un conjunto de parámetros de soldadura óptimos $P_{i, \text{opt}}(x)$ que conducen a resultados de soldadura óptimos. La localización de estos parámetros de soldadura óptimos $P_{i, \text{opt}}(x)$ es un procedimiento muy complejo que habitualmente está reservado a expertos o especialistas en el campo de la técnica de soldadura. Correspondientemente largo puede ser la duración del proceso de la localización de los parámetros de soldadura óptimos $P_{i, \text{opt}}(x)$, lo que puede conducir a largos tiempos de espera y, a veces, a costes elevados. Además, puede

ocurrir que para puentear estos tiempos de espera hasta la localización de parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}(x)$, se hagan compromisos que se caracterizan por una calidad de soldadura insuficiente. Por lo tanto, es una gran necesidad poder realizar la localización de parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}(x)$ para determinadas tareas de soldadura al realizar soldaduras en piezas de trabajo 4 lo más rápidamente posible y también sin la implicación directa de expertos o especialistas correspondientes.

La figura 2 muestra un esquema de funcionamiento del procedimiento según la invención para la determinación automática de los parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}(x)$ para realizar una soldadura en una pieza de trabajo 4. Por consiguiente, se realizan varias soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba 9 a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba 10 y, en cada soldadura de prueba, al menos un parámetro de soldadura $P_i(x)$ se modifica automáticamente desde un valor inicial $P_{i,A}$ predefinido hasta un valor final $P_{i,E}$ predefinido, a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10. La modificación entre el valor inicial $P_{i,A}$ y el valor final $P_{i,E}$ del respectivo parámetro de soldadura $P_i(x)$ puede realizarse, por ejemplo, de forma lineal o en determinadas etapas, estando siempre predefinida la relación entre el parámetro de soldadura $P_i(x)$ y el trayecto x recorrido a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10, de modo que, a la inversa, en cualquier lugar x de la trayectoria de soldadura de prueba 10 puede deducirse el parámetro de soldadura $P_i(x)$ ajustado allí. Especialmente en caso de usar piezas de trabajo de prueba 9 muy sencillas con trayectorias de soldadura de prueba 10 preferiblemente rectas o trayectorias de soldadura de prueba 10 con un vector tangencial constante y una disposición de las piezas de trabajo de prueba 9 orientada a la aplicación, resultan unas soldaduras de prueba que pueden realizarse de manera muy sencilla y rápida y no es necesario soldar a modo de prueba piezas de trabajo o componentes completos, lo que conllevaría mucho esfuerzo y desecho.

Los cordones de soldadura de prueba 11 resultantes a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba 10 de las piezas de trabajo de prueba 9 se miden con sensores 12 correspondientes, pudiendo realizarse esta medición inmediatamente durante la realización de la soldadura de prueba o también posteriormente. Además de sensores 12 que exploran el cordón de soldadura de prueba 11 sin contacto o de sensores internos que registran parámetros de la fuente de corriente de soldadura durante la realización de la soldadura de prueba, también entran en consideración procedimientos en los que el cordón de soldadura de prueba 11 se analiza con la destrucción de la pieza de trabajo de prueba 9. Por ejemplo, es posible realizar micrografías del cordón de soldadura de prueba 11 en varios puntos a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10 y procesarlas, por ejemplo, mediante el procesamiento de imágenes.

Los sensores 12 proporcionan diferentes señales de sensor $S_j(P_i(x))$ que se procesan formando al menos un parámetro de calidad $Q_k(S_j(P_i(x)))$ que caracteriza el respectivo cordón de soldadura de prueba 11 de las piezas de trabajo de prueba 9. El tipo de cálculo de los parámetros de calidad $Q_k(S_j(P_i(x)))$ a partir de las señales de sensor $S_j(P_i(x))$ depende de la respectiva tarea de soldadura y del criterio característico para la realización de la respectiva tarea de soldadura.

Para facilitar el procesamiento de los parámetros de calidad $Q_k(S_j(P_i(x)))$, se calcula una funcional de calidad $G(Q_k(S_j(P_i(x))))$ para caracterizar la calidad de los cordones de soldadura de prueba 11 en función de los parámetros de soldadura $P_i(x)$ modificados. Por tanto, con la funcional de calidad resulta un número real en un espacio multidimensional, que presenta al menos un valor óptimo, en particular un máximo o un mínimo, que puede ser localizado de forma relativamente fácil y automatizada. Como está representado en la figura 2, el valor óptimo G_{opt} de la funcional de calidad G puede ser un máximo de la superficie en función de los parámetros de soldadura P_1 y P_2 . Mediante un cálculo correspondiente, este valor óptimo de la funcional de calidad G_{opt} puede ser localizado rápidamente dentro de ciertos límites en el espacio de los parámetros. A partir de este valor óptimo de la funcional de calidad $G_{opt}(Q_k(S_j(P_i(x))))$ se determinan y almacenan los respectivos valores óptimos de los parámetros de calidad $Q_{k,opt}(S_j(P_i(x)))$ y, a partir de los puntos x_{opt} correspondientes de las trayectorias de soldadura de prueba 10, finalmente, los valores para los respectivos parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$. Con estos parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$, se realiza la soldadura en la pieza de trabajo 4, resultando una calidad de soldadura óptima según la tarea de soldadura.

A diferencia de los procedimientos conocidos anteriormente, aquí no es necesaria la intervención directa de expertos o especialistas en técnica de soldadura. No obstante, evidentemente, es necesario recurrir a estos expertos y especialistas en técnica de soldadura para definir los parámetros de calidad $Q_k(S_j(P_i(x)))$ y la funcional de calidad $G(Q_k(S_j(P_i(x))))$. Sin embargo, para determinadas tareas de soldadura en determinadas piezas de trabajo con determinadas geometrías de pieza de trabajo, se pueden definir y almacenar en las bases de datos correspondientes numerosas soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba 9 y numerosas variantes de parámetros de calidad y funcionales de calidad y, al acceder a las mismas, se pueden definir de manera rápida y automática para parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$ para tareas de soldadura individuales.

La figura 3 muestra una representación de un sistema de soldadura para realizar el procedimiento según la invención. Con la ayuda del aparato de soldadura 1, el soplete de soldadura 3 dispuesto en el robot de proceso 2 es controlado de manera correspondiente para realizar soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba 9. A través de un dispositivo de control 17 o un ordenador, el aparato de soldadura 1 y el robot de proceso 2 son controlados de manera correspondiente, de modo que las soldaduras de prueba pueden realizarse en piezas de

trabajo de prueba 9 correspondientes a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba 10 predefinidas. Con la ayuda de sensores 12 adecuados, durante la realización de la soldadura de prueba o después de la realización de la soldadura de prueba puede medirse el cordón de soldadura 11 a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10. Por ejemplo, como sensores 12 entran en consideración sensores ópticos 13, sensores de rayos X 14, sensores de temperatura 15 o incluso sensores de corrientes parásitas 16. También los sensores internos pueden registrar parámetros de la fuente de corriente de soldadura durante la realización de la soldadura de prueba. Las señales de sensor $S_j(P_i(x))$ tomadas con los sensores 12 son procesadas a través del dispositivo de control 17 y depositadas en memorias o bases de datos 18 correspondientes. Además, en función de la respectiva tarea de soldadura, a partir de las señales de sensor $S_j(P_i(x))$ se calculan parámetros de calidad $Q_k(S_j(P_i(x)))$ que caracterizan de manera correspondiente los cordones de soldadura de prueba 11 individuales. Después de modificar respectivamente al menos un parámetro de soldadura $P_i(x)$ a lo largo de una soldadura de prueba desde un valor inicial $P_{i,A}$ hasta un valor final $P_{i,E}$, a lo largo del cordón de soldadura de prueba 11 existe un punto o una zona que presenta propiedades óptimas. Estas propiedades óptimas del cordón de soldadura de prueba 11 se detectan de manera correspondiente con la ayuda de los sensores 12 y se procesan de manera correspondiente en el dispositivo de control 17. En aquel punto a lo largo del cordón de soldadura de prueba 11 en el que se determinan las propiedades óptimas del cordón de soldadura de prueba, puede ser retrocalculado el parámetro $P_i(x)$ válido y este puede ser fijado como óptimo y ser almacenado de manera correspondiente. De la multiplicidad de piezas de trabajo de prueba 9 y sus cordones de soldadura de prueba 11 y las señales de sensor $S_j(P_i(x))$ resulta una multiplicidad de datos que están depositados en las memorias o bases de datos 18. La base de datos 18 representa, por así decirlo, una base de datos de conocimiento en la que el conocimiento experto de expertos y especialistas en técnica de soldadura está disponible de forma estructurada y a la que se puede acceder para la definición de los parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$.

La figura 4 muestra el principio de la localización de los parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$ a partir de esta información almacenada en las bases de datos 18. Por consiguiente, el dispositivo de control 17 o el ordenador se cargan con determinados datos, con los que se caracteriza una tarea de soldadura determinada para realizar una soldadura en una pieza de trabajo 4. En particular, el parámetro de calidad Q_k determinado y la funcional de calidad G estarán en función de los parámetros de calidad Q_k , o bien, de entre una multiplicidad de tales parámetros de calidad Q_k o funcionales de calidad G son seleccionados al menos un parámetro de calidad Q_k determinado o una funcional de calidad G determinada. A partir de la información disponible de las señales de sensor $S_j(P_i(x))$, obtenidas de las soldaduras de prueba, pueden ser retrocalculados los respectivos parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$ mediante el procedimiento descrito anteriormente para localizar el valor óptimo de la funcional de calidad G_{opt} . Estos parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$ son transmitidos entonces al aparato de soldadura 1 y al robot de proceso 2 del sistema de soldadura y la soldadura se lleva a cabo en la pieza de trabajo 4 a lo largo de la trayectoria de soldadura 7 con estos parámetros de soldadura óptimos $P_{i,opt}$, lo que da como resultado un cordón de soldadura 8 con propiedades óptimas para la respectiva tarea de soldadura a resolver.

Las figuras 5a a 5c muestran diversos diagramas que ilustran la medición de cordones de soldadura de prueba 11 en piezas de trabajo de prueba 9. La figura 5a muestra un procedimiento para medir el cordón de soldadura de prueba 11 durante la realización de la soldadura de prueba, en el que, por ejemplo a continuación del soplete de soldadura 3, están dispuestos sensores ópticos 13 o sensores de temperatura 15 que exploran el cordón de soldadura 11 de manera correspondiente y registran y transmiten las señales de sensor $S_j(x)$ obtenidas en función del punto a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10.

Alternativamente o adicionalmente al procedimiento descrito anteriormente, representado en la figura 5a, según la figura 5b, la pieza de trabajo de prueba 9 o el cordón de soldadura de prueba 11 también pueden ser medidos posteriormente a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10, con la ayuda de diversos sensores, como por ejemplo sensores ópticos 13, sensores de rayos X 14 o sensores de corrientes de Foucault 16, que pueden conducir a diferentes parámetros de calidad sobre el cordón de soldadura 11.

La figura 5c ilustra un procedimiento en el que la pieza de trabajo de prueba 9 es destruida para analizar el cordón de soldadura de prueba 11, de tal forma que en varios puntos a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba 10 se realizan micrografías del cordón de soldadura de prueba 11 y de la pieza de trabajo de prueba 9 circundante. Estas imágenes en sección pueden ser medidas con sensores y procedimientos de procesamiento de imágenes adecuados y proporcionar información sobre la calidad del cordón de soldadura de prueba 11. Si, en relación con el cumplimiento de una determinada tarea de soldadura, una determinada micrografía presenta propiedades óptimas, por ejemplo, una profundidad de penetración óptima o similares, el respectivo parámetro de soldadura $P_i(x)$ utilizado en este punto del cordón de soldadura de prueba 11 puede ser identificado y definido y almacenado como parámetro de soldadura óptimo $P_{i,opt}$.

Los procedimientos automáticos de medición de los cordones de soldadura de prueba 11 a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba 10 de las piezas de trabajo de prueba 9 pueden automatizarse usando los dispositivos correspondientes, de modo que la multiplicidad de datos que pueden evaluar los cordones de soldadura de prueba 11 puedan ser localizados y almacenados rápidamente.

La figura 6 muestra una imagen en sección a través de una pieza de trabajo soldada con los parámetros

correspondientes que caracterizan de manera correspondiente las piezas de trabajo y el cordón de soldadura. Entre estos parámetros figuran, por ejemplo:

5	t	grosor de las piezas de trabajo
	g	ancho del intersticio entre las piezas de trabajo
	a	grosor del cordón de soldadura
	h	convexidad del cordón
	t _p	profundidad de penetración
	t _k	profundidad de la ranura de penetración
10	phi _ü	ángulo de transición de cordón
	phi _p	ángulo de ataque entre el soplete de soldadura y la pieza de trabajo en dirección hacia el cordón de soldadura (no está representado en la figura 6)
	phi _w	ángulo de trabajo entre el soplete de soldadura y la pieza de trabajo en dirección transversal al cordón de soldadura

15 Además de estos parámetros indicados a modo de ejemplo para la caracterización de un cordón de soldadura, hay muchos otros parámetros que también pueden utilizarse para la realización del presente procedimiento y que pueden registrarse con los sensores correspondientes. Por ejemplo, la cantidad de salpicaduras, los defectos de unión, el número de poros en el cordón de soldadura, así como la reproducibilidad pueden mencionarse como parámetros de soldadura que pueden caracterizar la soldadura.

25 Las figuras 7a a 7c muestran con la ayuda de un ejemplo la localización de parámetros de soldadura óptimos para una tarea de soldadura específica. En este ejemplo, la tarea consiste en mantener lo más reducido posible la convexidad de cordón h de un cordón de soldadura variando de manera correspondiente el ángulo de ataque phi_p del soplete de soldadura con respecto a la pieza de trabajo y el ángulo de trabajo phi_w del soplete de soldadura y seleccionando a partir de ello los parámetros óptimos. Por consiguiente, en este ejemplo, se realizan soldaduras de prueba en las que el ángulo de ataque phi_p se cambia de un valor inicial a un valor final a lo largo del cordón de soldadura de prueba de una pieza de trabajo de prueba y, en una soldadura de prueba adicional, el ángulo de trabajo phi_w se cambia de un valor inicial a un valor final a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba. Se miden los cordones de soldadura de prueba resultantes en estas piezas de trabajo de prueba y se registra una señal de sensor correspondiente a la convexidad de cordón h. Por lo tanto, resultan unos cursos de la convexidad de cordón h en función del ángulo de ataque phi_p (figura 7a) y h en función del ángulo de trabajo phi_w (figura 7b).

35 Después de definir una funcional de calidad G en función de la convexidad de cordón h, resulta un curso de superficie para la convexidad de cordón h en función del ángulo de ataque phi_p y del ángulo de trabajo phi_w, como está representado esquemáticamente en la figura 7c. La funcional de calidad G tiene al menos un valor óptimo, en el presente ejemplo al menos un mínimo, que es fácil de determinar y permite un retrocálculo de los valores óptimos para el ángulo de ataque phi_{p,opt} y el ángulo de trabajo phi_{w,opt}.

40 En las soldaduras reales, se varían más de dos parámetros de soldadura, lo que resulta en una función multidimensional de la funcional de calidad G dependiendo de los respectivos parámetros de soldadura variables P_i(x).

45 El presente procedimiento permite localizar rápidamente parámetros de soldadura ideales P_{i,opt} de entre una multiplicidad de datos recogidos sobre la base de soldaduras de prueba realizadas con la ayuda de piezas de trabajo de prueba, sin necesidad de la intervención directa de expertos o especialistas correspondientes en el campo de la técnica de soldadura.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación automática de parámetros de soldadura óptimos ($P_{i,opt}$) para realizar una soldadura en una pieza de trabajo (4), en el que

- 5 - se realizan varias soldaduras de prueba en piezas de trabajo de prueba (9) a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba (10), y durante cada soldadura de prueba se cambia automáticamente al menos un parámetro de soldadura ($P_i(x)$) de un valor inicial ($P_{i,A}$) predefinido a un valor final ($P_{i,E}$) predefinido dependiendo del punto (x) a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10),
- 10 - cada cordón de soldadura de prueba (11) resultante a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10) se mide con al menos un sensor (12), y al menos una señal de sensor ($S_j(P_i(x))$) se registra en función del punto (x) a lo largo del cordón de soldadura de prueba (11),
- a partir de al menos una señal de sensor ($S_j(P_i(x))$) se calcula al menos un parámetro de calidad ($Q_k(S_j(P_i(x)))$) que caracteriza cada soldadura de prueba (11),
- 15 - a partir del al menos un parámetro de calidad ($Q_k(S_j(P_i(x)))$) se calcula una funcional de calidad ($G(Q_k(S_j(P_i(x))))$) para caracterizar la calidad de los cordones de soldadura de prueba (11) en función de los parámetros de soldadura ($P_i(x)$) modificados,
- se determina un valor óptimo de la funcional de calidad ($G_{opt}(Q_k(S_j(P_i(x))))$), y a partir de este valor óptimo determinado de la funcional de calidad ($G_{opt}(Q_k(S_j(P_i(x))))$) se determinan los respectivos valores óptimos de los parámetros de calidad ($Q_{k,opt}(S_j(P_i(x)))$), y a partir de los valores óptimos de los parámetros de calidad ($Q_{k,opt}(S_j(P_i(x)))$) de las señales de sensor ($S_j(P_i(x))$), se identifican como puntos óptimos (X_{opt}) a lo largo del
- 20 cordón de soldadura de prueba (11) aquellos puntos (x) en los que el resultado de soldadura de la soldadura de prueba es óptimo según el respectivo parámetro de calidad ($Q_k(S_j(P_i(x)))$), y los parámetros de soldadura ($P_i(x)$) en estos puntos (X_{opt}) identificados como óptimos de los cordones de soldadura de prueba (11) son fijados y almacenados como valores para los parámetros de soldadura óptimos ($P_{i,opt}$) para realizar
- 25 la soldadura en la pieza de trabajo (4).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las trayectorias de soldadura de prueba (10) se miden antes de la realización de las soldaduras de prueba.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** los cordones de soldadura de prueba (11) a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba (10) se miden durante o después de la realización de las soldaduras de prueba.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque**, durante cada soldadura de prueba, al menos uno de los parámetros de soldadura ($P_i(x)$) velocidad de alimentación de hilo ($V_D(x)$) de un hilo de soldadura (5) que se está fundiendo, velocidad de soldadura ($V_S(x)$), longitud del hilo de soldadura libre, ángulo de ataque ($\phi_p(x)$) del soplete de soldadura (3), ángulo de trabajo ($\phi_w(x)$) del soplete de soldadura (3) y punto central de herramienta (TCP(x)) del soplete de soldadura (3) se modifica en función de los puntos (x) a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la soldadura de prueba se realiza a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba (10) predefinidas con un vector tangencial (t) constante, en particular a lo largo de trayectorias de soldadura de prueba (10) rectas con una longitud (l) de 10 cm a 50 cm preferiblemente.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** las soldaduras de prueba se realizan en piezas de trabajo de prueba (9) planas.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** los cordones de soldadura de prueba (11) a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10) pueden ser medidos con la ayuda de procedimientos de medición no destructivos, por ejemplo sensores (13) ópticos, en particular, escáneres láser, cámaras o similares, sensores de rayos X (14) y/o sensores de temperatura (15), preferiblemente durante la realización de la soldadura de prueba.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** los cordones de soldadura de prueba (11) a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10) son procesados con la ayuda de procedimientos de medición destructivos, por ejemplo, mediante la creación de al menos una micrografía del cordón de soldadura de prueba (11) a al menos una distancia (x_v) predefinida a lo largo de las trayectorias de soldadura de prueba (10).

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** durante cada soldadura de prueba, preferiblemente al menos un parámetro de soldadura ($P_i(x)$) se varía de forma lineal desde el valor inicial ($P_{i,A}$) predefinido hasta el valor final ($P_{i,E}$) predefinido, en función del punto (x) a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10) en una longitud (l) predefinida.

- 5 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** las soldaduras de prueba pueden realizarse bajo diferentes condiciones de soldadura (B_i) y los parámetros de soldadura óptimos ($P_{i,opt}$) para soldar bajo una condición de soldadura (B_v) predefinida se realizan interpolando los parámetros de soldadura óptimos ($P_{i,opt}$) que se determinaron en soldaduras de prueba bajo las condiciones de soldadura (B_u , B_o) contiguas para la condición de soldadura (B_v) predefinida.
- 10 11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** las soldaduras de prueba se realizan bajo al menos dos condiciones de soldadura (B_i) diferentes, respectivamente la temperatura de la pieza de trabajo, la posición de la pieza de trabajo de prueba (9), el ángulo de apertura de las piezas de trabajo de prueba (9) alrededor de la trayectoria de soldadura de prueba (10) o la anchura del intersticio de la trayectoria de soldadura de prueba (10).
- 15 12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado porque** antes de realizarse la interpolación, se determina preferiblemente la funcional de calidad $G(Q_k(S_j(P_i(x))))$ en la condición de soldadura (B_v) predefinida y, si la funcional de calidad $G(Q_k(S_j(P_i(x))))$ difiere de un valor límite, se realiza al menos una soldadura de prueba adicional en una condición de soldadura (B_z) adicional.
- 20 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** se escanea la anchura, la altura, la convexidad, la concavidad, el volumen de relleno de cordón y/o el ángulo de transición del cordón de soldadura de prueba (11) y, a partir de estas señales de sensor ($S_j(P_i(x))$), se calcula el parámetro de calidad ($Q_k(S_j(P_i(x)))$) a lo largo de la trayectoria de soldadura de prueba (10).
- 25 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** el valor óptimo de la funcional de calidad ($G_{opt}(Q_k(S_j(P_i(x))))$) puede determinarse modificando sucesivamente respectivamente un parámetro de soldadura ($P_i(x)$) para influir respectivamente en un parámetro de calidad ($Q_k(S_j(P_i(x))))$.
- 30 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** el valor óptimo de la funcional de calidad ($G_{opt}(Q_k(S_j(P_i(x))))$) se determina modificando gradualmente varios parámetros de soldadura ($P_i(x)$) para influir en varios parámetros de calidad ($Q_k(S_j(P_i(x))))$.

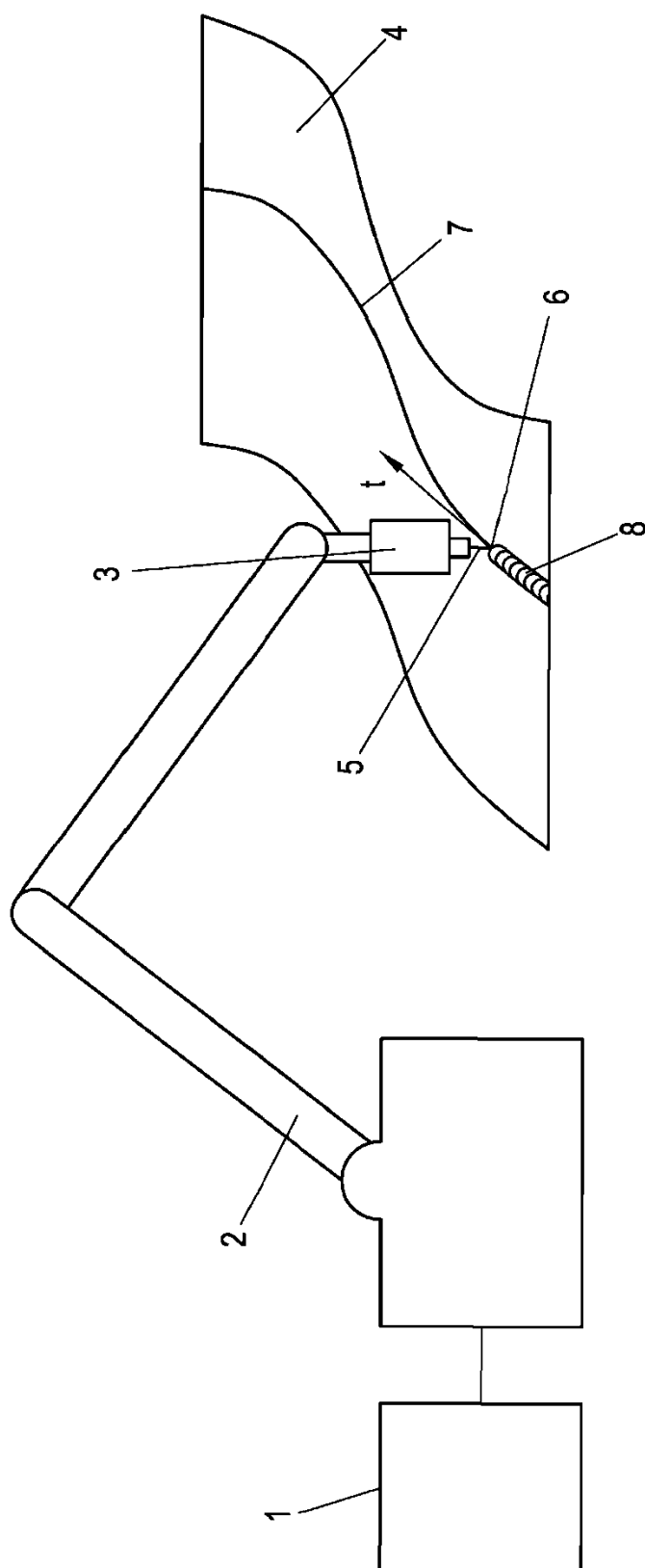


Fig. 1

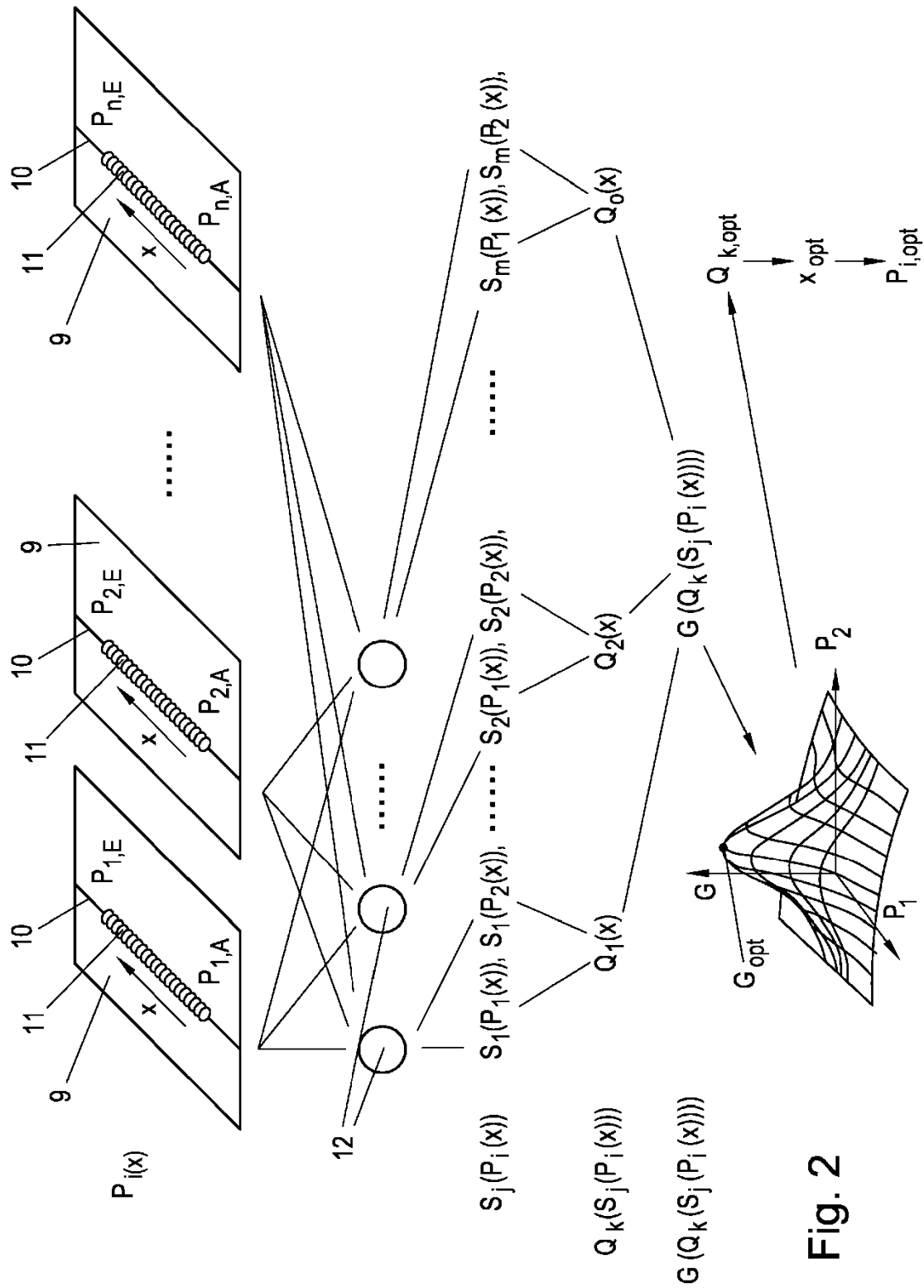


Fig. 2

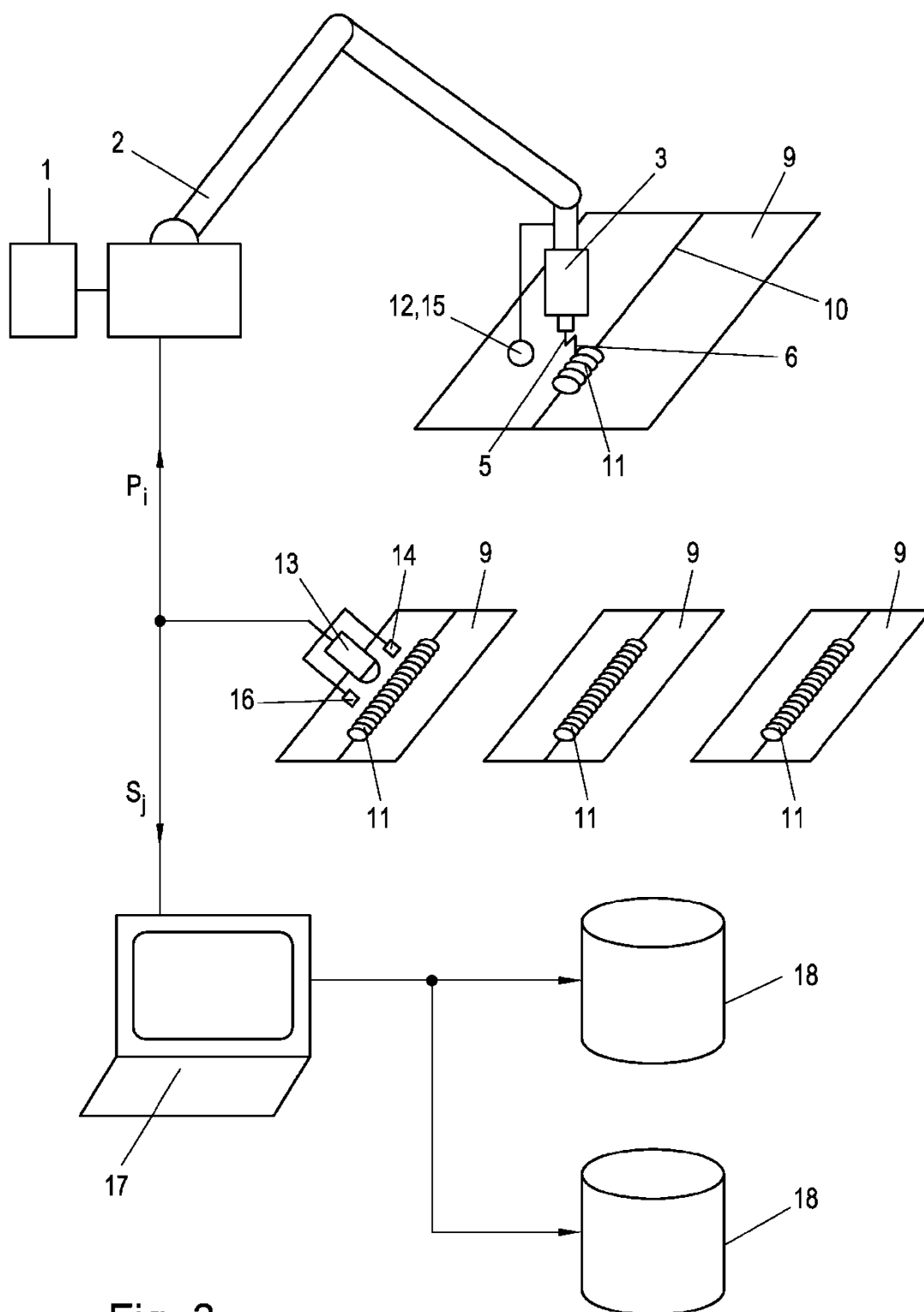


Fig. 3

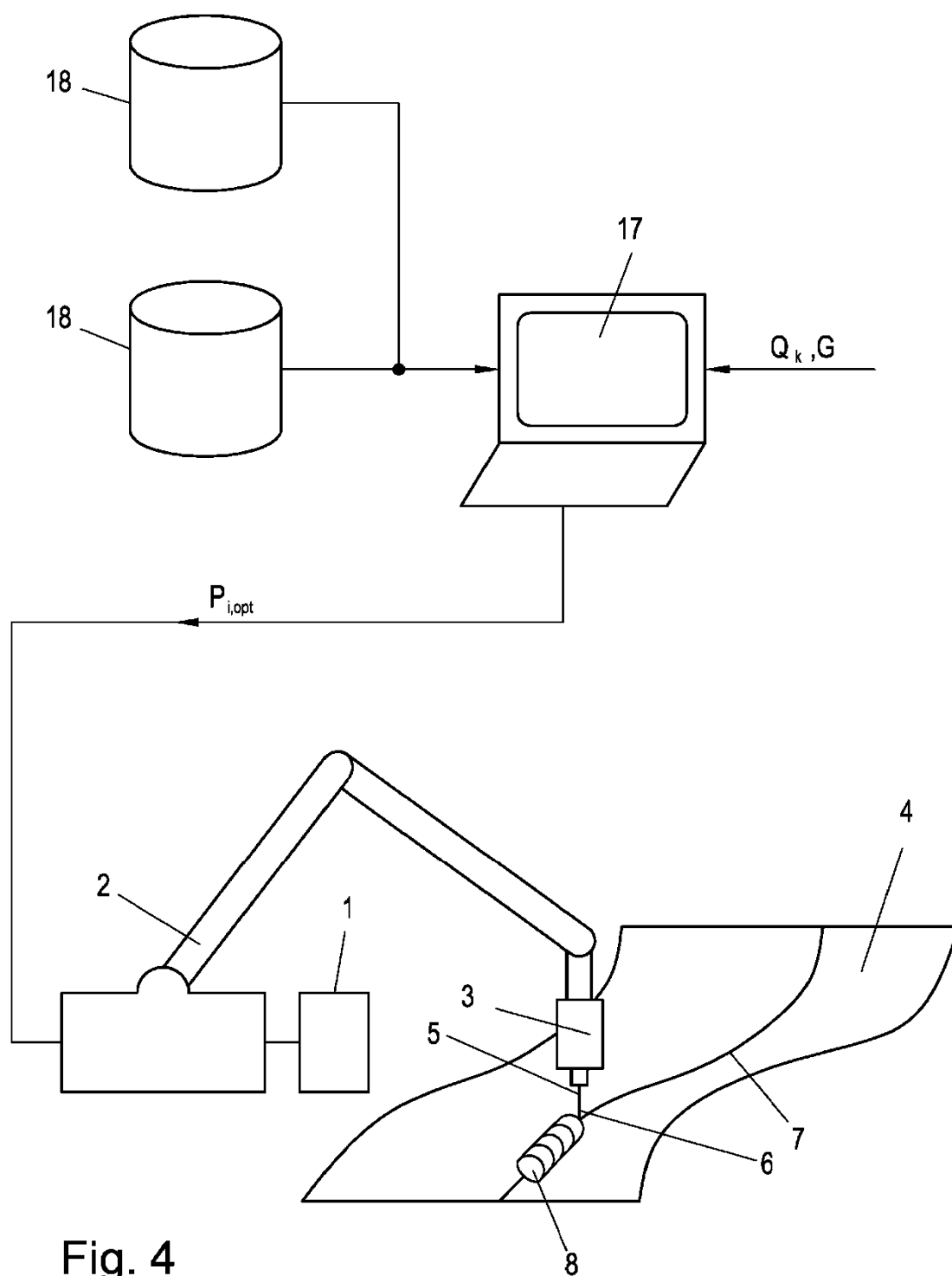


Fig. 4

Fig. 5a

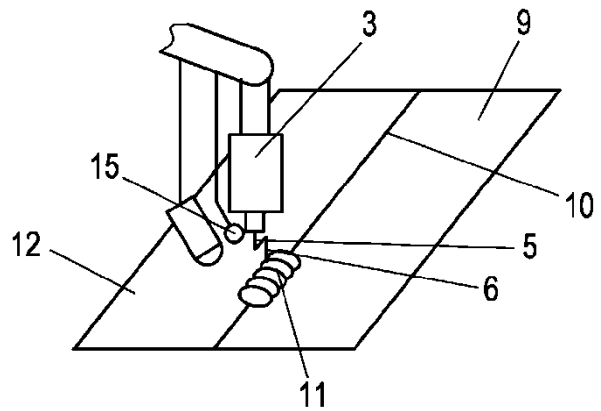


Fig. 5b

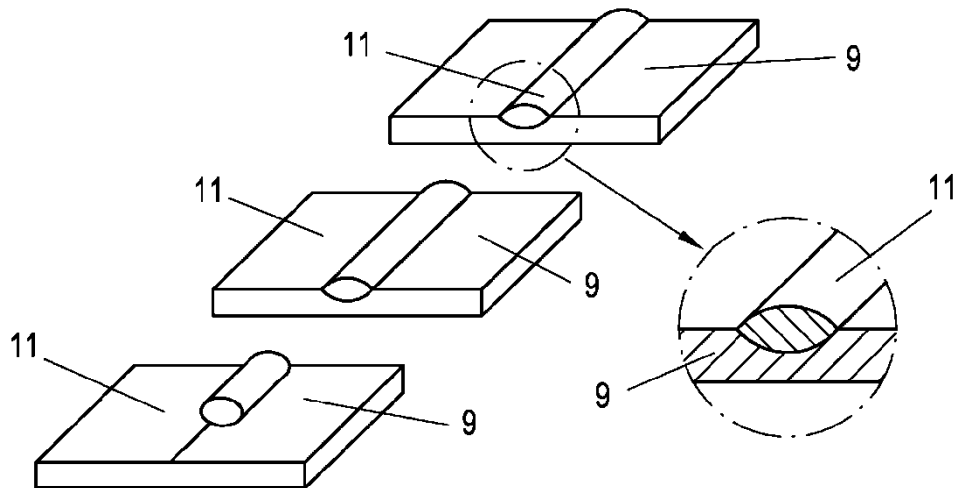
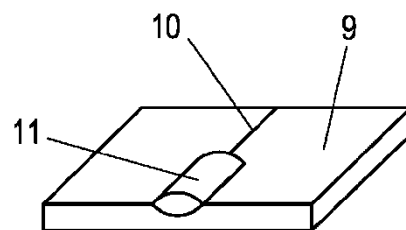
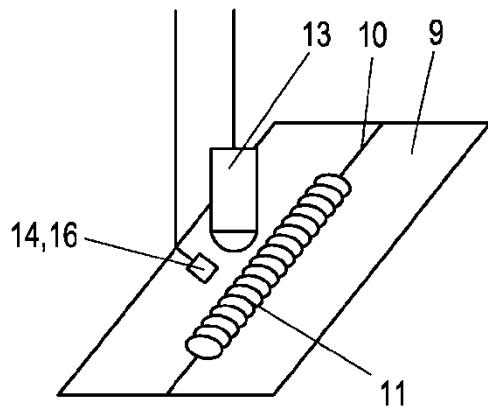


Fig. 5c

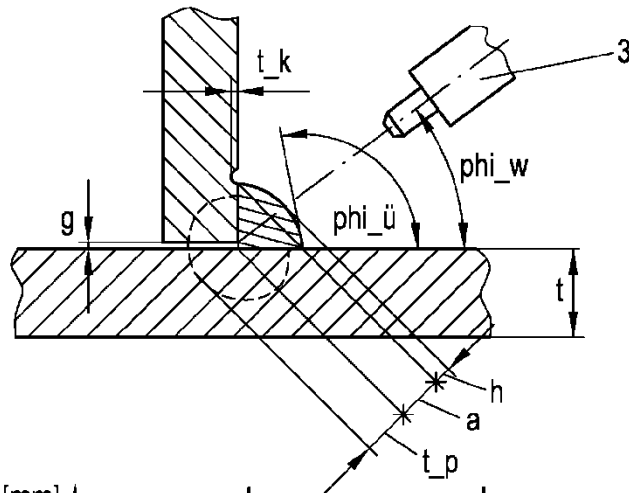


Fig. 6

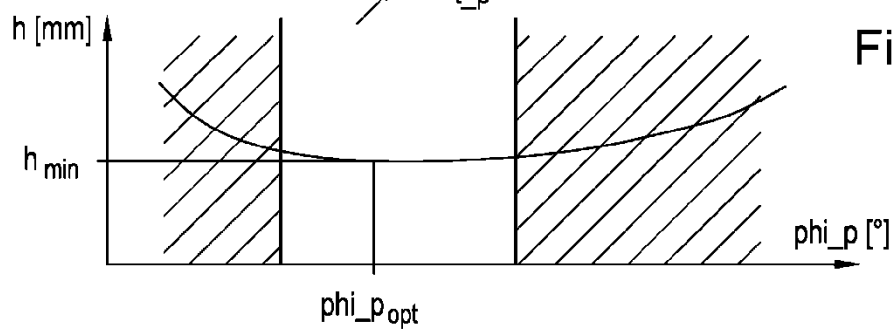


Fig. 7a

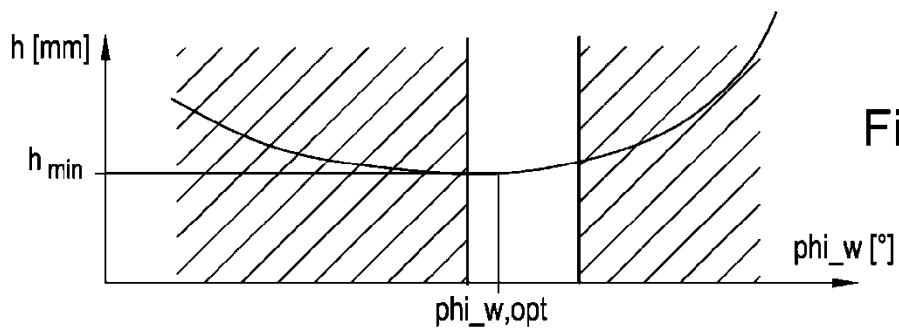


Fig. 7b

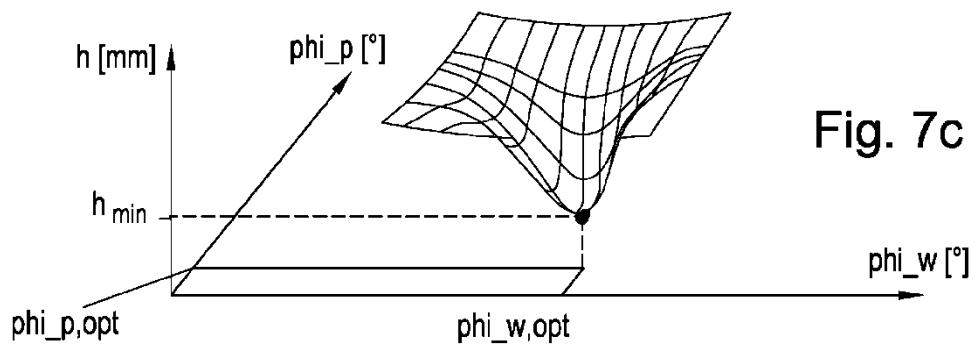


Fig. 7c