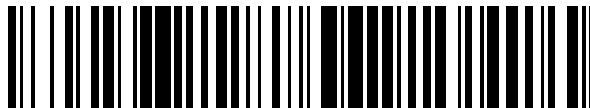


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 938**

51 Int. Cl.:

**B23K 9/12** (2006.01)

**B23K 9/127** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2012 PCT/AT2012/050004**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.07.2012 WO12094689**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2012 E 12716178 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 2663417**

54 Título: **Procedimiento para el aprendizaje/ensoyo de una secuencia de movimiento de un robot de soldadura, robot de soldadura y control asociado**

30 Prioridad:

**10.01.2011 AT 272011**

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

**12.04.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ARTELSMAIR, JOSEF**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 708 938 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 el aprendizaje/ensayo de una secuencia de movimiento de un robot de soldadura, robot de soldadura y control asociado

5 La invención se refiere a un procedimiento para el aprendizaje de un robot de soldadura en el que se fija y guarda una posición por medio de un proceso de posicionamiento realizado manualmente, que comprende las etapas extracción de un alambre de soldadura alojada de manera móvil, de un cabezal de soldadura, en particular de un soplete de soldadura, a una longitud y desplazamiento del cabezal de soldadura a una posición en una pieza de trabajo, preferentemente con abastecimiento de corriente desactivada del cabezal de soldadura. La invención se refiere también a un procedimiento para el posicionamiento automático de un cabezal de soldadura en una pieza de trabajo en el que se realiza un desplazamiento a una posición preprogramada (véase el documento EP-A-1123769).  
 10 Además, la invención se refiere a un control para el aprendizaje de un robot de soldadura en el que se fija y guarda una posición por medio de un proceso de posicionamiento realizado manualmente, que comprende una primera salida para el control de un primer sistema de accionamiento que está preparado para el desplazamiento del cabezal de soldadura a una posición en una pieza de trabajo, preferentemente con abastecimiento de corriente desactivada del cabezal de soldadura, y una segunda salida para el control de un segundo sistema de accionamiento que está preparado para la extracción de un alambre de soldadura alojado de manera móvil de un cabezal de soldadura, en particular del soplete de soldadura, a una longitud.

20 Finalmente, la invención se refiere a una instalación de soldadura que comprende un aparato de soldadura y un robot de soldadura que están acoplados entre sí por medio de cables, en particular un sistema de bus, y un soplete de soldadura fijado en el robot de soldadura, en particular en el último eje del robot de soldadura, siendo guiado el soplete de soldadura por el robot de soldadura a lo largo de una pista predefinida y efectuándose el control/regulación del proceso de soldadura realizado a este respecto a partir del aparato de soldadura.

Hace mucho tiempo que se utilizan robots industriales para las más diversas tareas, entre otras, también para la soldadura. A este respecto, se desplaza un cabezal de soldadura por una pista predefinida para realizar la soldadura. En el estado de la técnica existen algunos métodos para programar robots industriales, en este caso, en particular robots de soldadura:

25 Una posibilidad es programar los robots online. La programación del robot se efectúa, por tanto, directamente en el propio robot o con el robot. Entre estos procedimientos de programación se encuentran el procedimiento «teach-in» y el procedimiento «playback».

30 En el procedimiento «teach-in», el programador desplazar el robot con una consola de control a una posición que también está contenida en la secuencia de movimiento que más tarde deberá realizarse automáticamente y esta es guardada. Esta secuencia se repite hasta que se ha guardado la secuencia de movimiento completa que debe realizarse. Durante la realización del programa, el robot se desplaza de manera autónoma a todos los puntos guardados. Para el movimiento entre los puntos individuales, pueden introducirse parámetros adicionales como velocidades y aceleraciones del cabezal de soldadura.

35 En el procedimiento «playback» el programador recorre la pista prevista guiando directamente el brazo robótico. Durante el guiado del cabezal de soldadura, son grabadas coordenadas por el robot y más tarde convertidas en un programa de robot. El robot repite después exactamente esta secuencia de movimiento realizada por el programador.

40 Otra posibilidad para la programación de robots de soldadura es la programación offline. El desarrollo de programa se efectúa a este respecto offline en un ordenador independiente del robot. El propio robot no es requerido para ello.

Entre la programación offline se encuentra la programación textual, la programación con soporte de CAD, la macroprogramación y la programación acústica. En el caso de la programación textual, se describe la secuencia de movimiento con un lenguaje orientado al problema. El procedimiento es equiparable con la programación en un lenguaje de programación superior. En procesos de trabajo que se repiten a menudo, se crean macros que representan secuencias de órdenes utilizadas frecuentemente en forma abreviada. El macro se programa una vez y, a continuación, se añade a los puntos necesarios del programa de control.

45 En la programación con soporte de CAD, el robot se programa sobre la base de dibujos técnicos y simulaciones. Toda la secuencia de movimientos se fija a este respecto en el PC en un modo de pantalla tridimensional, reproduciéndose generalmente el entorno del robot y también su herramienta. A menudo, se transforman dibujos técnicos también directamente, mediante un programa de conversión especial, en una secuencia de movimiento que, en caso necesario, también puede ser modificada o corregida manualmente.

50 En el caso de la programación acústica, la programación del robot de soldadura se efectúa finalmente por medio del lenguaje natural con ayuda de un micrófono. El sistema transforma las órdenes orales y genera a partir de ellas una secuencia de movimiento que debe realizarse.

55 Todos los procedimientos de programación tienen en común que tarde o temprano debe realizarse una secuencia de movimiento en una máquina real. En el procedimiento "teach-in" y el procedimiento «playback» esta secuencia de movimiento no está guardada previamente. En el robot real se entrena, por ello, una secuencia de movimiento que

debe realizarse después. Cuando ya se ha grabado la secuencia de movimiento que debe realizarse, sea por programación online u offline, esta puede ser supervisada. Esto es particularmente importante para la programación offline, dado que en el mundo virtual pueden pasarse fácilmente por alto problemas que después existen realmente o que ni siquiera están representados en él.

5 Por regla general, durante el aprendizaje y/o supervisión de una secuencia de movimiento de un robot de soldadura no se realizan soldaduras. En lugar de ello, se equipa el cabezal de soldadura con un alambre de soldadura sin aplicarse la tensión necesaria para la soldadura o proporcionarse la corriente necesaria para la soldadura. De esta manera, se puede entrenar o supervisar la secuencia de movimiento relativamente sin peligro. El cabezal de soldadura ocupa a este respecto la misma posición respecto a la pieza de trabajo que más tarde también para la soldadura.

Debido a torpezas durante la programación online o errores en la secuencia de movimiento programada, en el aprendizaje y/o supervisión de la misma puede suceder fácilmente que el alambre de soldadura o, en el peor de los casos, el propio el cabezal de soldadura choque con la pieza de trabajo y sean dañados.

15 En el primer caso, el problema puede solucionarse por regla general de manera relativamente sencilla y económica reemplazándose o acortándose el alambre de soldadura (por ejemplo, un alambre de soldadura torcido puede acortarse y, a continuación, extraerse la longitud acortada del cabezal de soldadura). Aunque el daño material en el caso de un alambre de soldadura es insignificante, sí se produce en ciertas circunstancias una considerable pérdida de tiempo, por ejemplo, porque el cabezal de soldadura en la situación momentánea está difícilmente accesible y/o se desplaza a una posición neutral. A menudo, en el último caso es necesario repetir desde el principio la secuencia de movimiento, de tal modo que deben volver a repetirse innecesariamente posiciones ya supervisadas. Si se daña el cabezal de soldadura, la resolución del daño por regla general cuesta más tiempo y acarrea más gastos.

20 En el estado de la técnica se conocen algunas publicaciones sobre esta problemática. Por ejemplo, el documento WO 2001/034336 A1 desvela un procedimiento para el posicionamiento de un soplete de soldadura o de un alambre de soldadura en el centro de un cordón. El soplete de soldadura es posicionado por medio de un brazo robótico en un posición predefinida o programada entre dos flancos de cordón, tras lo cual se realiza un procedimiento de ajuste en el que el soplete de soldadura es desplazado por el brazo robótico en una dirección hasta que se produce un cortocircuito entre el soplete de soldadura o el alambre de soldadura y un flanco de cordón de la pieza de trabajo, tras lo cual el soplete de soldadura es movido en dirección contraria hasta la aparición de otro cortocircuito entre el soplete de soldadura o el alambre de soldadura y otro flanco de cordón de la pieza de trabajo. A continuación, un dispositivo de control calcula por medio de una evaluación del movimiento de desplazamiento un centro de cordón sobre el que se posiciona el soplete de soldadura.

25 Más estado de la técnica se desvela, por ejemplo, en los documentos DE 2 847 169 A1, DE 690 27 236 T2, JP 6238449 A, JP-A-61092785 y JP 58070970 A.

30 El objetivo de la invención es indicar un procedimiento mejorado para el aprendizaje/ensayo de una secuencia de movimiento de un robot de soldadura. En particular, deben evitarse a este respecto los problemas mencionados anteriormente.

El objetivo de la invención se resuelve con un procedimiento del tipo mencionado al principio, en el que:

- tras el posicionamiento en la posición se inicia un denominado procedimiento de detección «wire-touch» en el aparato de soldadura en el que
- 40 - se aplica una tensión de ensayo entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo y
- a continuación, se prosigue el proceso de posicionamiento manual con el cabezal de soldadura
- haciéndose retroceder el alambre de soldadura, en caso de detección de un flujo de corriente entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo o una caída de la tensión de ensayo, para la interrupción del flujo de corriente.

45 El objetivo de la invención se resuelve además con un procedimiento del segundo tipo mencionado al principio, en el que:

- tras el posicionamiento se inicia un denominado procedimiento de detección «wire-touch» en el aparato de soldadura en el que
- entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo se aplica una tensión de ensayo y el alambre de soldadura es transportado hacia la pieza de trabajo y, en caso de detección de un flujo de corriente entre alambre de soldadura y pieza de trabajo, se hace retroceder el alambre de soldadura para la interrupción del flujo de corriente, y
- 50 - recorriéndose a continuación una pista preprogramada que discurre preferentemente transversalmente al eje de costura de soldadura planeado y
- siendo movido, al ser ajustado el cabezal de soldadura, el alambre de soldadura repetidamente hacia la pieza de trabajo y retrocediendo desde la pieza de trabajo, es decir, explorando el contorno de la pieza de trabajo y calculándose a partir de los valores de las longitudes de alambre transportadas una posición definida, en particular una posición central.
- 55

60 El objetivo de la invención se resuelve además con un control del tipo mencionado al principio, - comprendiendo el control un equipo de detección para la detección de un flujo de corriente en un circuito de corriente y agentes para el inicio de un denominado procedimiento de detección "wire-touch" tras el posicionamiento en la posición,

- estando diseñado el procedimiento de detección "wire-touch" para aplicar entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo una tensión de ensayo, y, a continuación, proseguir el proceso de posicionamiento manual con el cabezal de soldadura y
- estando diseñado el control para, en caso de detección de un flujo de corriente entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo o una caída de la tensión de ensayo, emitir una orden por medio de la segunda salida que provoque el retroceso del alambre de soldadura para la interrupción del flujo de corriente.

El objetivo de la invención se resuelve finalmente con una instalación de soldadura del tipo mencionado al principio y el control mencionado anteriormente, realizándose, antes de la realización de un proceso de soldadura, un proceso de aprendizaje controlado manualmente en el que se fija y guarda una posición por medio de una secuencia de movimientos accionada manualmente, y que comprende las siguientes etapas:

- extracción de un alambre de soldadura alojado de manera móvil de un cabezal de soldadura a una longitud que se puede predefinir y
- desplazamiento del cabezal de soldadura a una posición en una pieza de trabajo con abastecimiento de corriente desactivada del cabezal de soldadura,
- inicio de un proceso de aprendizaje en el aparato de soldadura tras el posicionamiento en la posición, en el que se aplica una tensión de ensayo entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo y
- a continuación, se realiza la secuencia de movimiento manual con el cabezal de soldadura,
- haciéndose retroceder el alambre de soldadura para suprimir el flujo de corriente en caso de detección de un flujo de corriente entre alambre de soldadura y pieza de trabajo o en caso de caída de la tensión de ensayo y
- siendo desplazado el alambre de soldadura tras la supresión a la pieza de trabajo o a una longitud que se puede predefinir, y
- prosiguiendo el desplazamiento el alambre de soldadura, mientras no se haya alcanzado la longitud, repetidamente avanzando hacia la pieza de trabajo y retrocediendo desde la pieza de trabajo a lo largo del contorno de la pieza de trabajo.

De acuerdo con la invención, de esta manera se consiguen evitar colisiones entre alambre de soldadura o cabezal de soldadura y pieza de trabajo o suavizar sus consecuencias. Para ello, se aplica una tensión de ensayo entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo. Si el alambre de soldadura toca la pieza de trabajo, en el circuito de corriente en el que se encuentran el alambre de soldadura y la pieza de trabajo, fluye una corriente o se reduce la tensión de ensayo aplicada. Este cambio de estado de corriente y tensión puede ser detectado con agentes de detección conocidos por el estado de la técnica como, por ejemplo, un comparador de corriente o comparador de tensión. Si se da un caso de este tipo, se hace retroceder el alambre de soldadura al interior del cabezal de soldadura. Adicional o alternativamente, el cabezal de soldadura también puede ser detenido o incluso ser movido hacia atrás (por ejemplo, en la dirección contraria a la dirección de movimiento original).

De esta manera, se puede evitar de manera efectiva un daño del alambre de soldadura y del cabezal de soldadura. Debido a la escasa inercia del alambre de soldadura, este puede ser movido rápidamente hacia atrás con la rapidez suficiente para que no sufra ningún daño.

El cabezal de soldadura, debido a su inercia claramente mayor, por regla general no puede ser detenido ni movido hacia atrás tan rápido. En cualquier caso, una detección o retroceso rápido del cabezal de soldadura requiere considerable esfuerzo energético y carga mecánica. Por ello, es ventajoso hacer retroceder rápidamente el alambre de soldadura y detener el cabezal de soldadura dentro del espacio libre así obtenido ágilmente, pero sin brusquedad, precisamente con la rapidez necesaria para que no se produzca una colisión con la pieza de trabajo. En una variante ventajosa, el control de robot conoce a qué distancia sobresale el alambre de soldadura del cabezal de soldadura (en particular el tubo de contacto), de tal modo que también se conoce básicamente el trayecto de frenado disponible.

Configuraciones ventajosas y perfeccionamientos de la invención se extraen de las reivindicaciones dependientes, así como de la descripción en cotejo con las figuras.

Resulta favorable si el alambre de soldadura, tras la interrupción, es movido de nuevo a la pieza de trabajo o a una longitud que se puede predefinir. De esta manera, después de una colisión del alambre de soldadura con la pieza de trabajo se puede proseguir el aprendizaje/supervisión de la secuencia de movimiento con el ajuste original del alambre de soldadura.

Particularmente ventajoso es si la velocidad de transporte de retroceso del alambre de soldadura se selecciona de tal modo que esta siempre sea mayor que la velocidad del movimiento de avance del soplete de soldadura controlado manualmente. De esta manera, se puede evitar una deformación del alambre de soldadura, ya que este en esta variante de la invención es retirado más rápido de la pieza de trabajo que el soplete de soldadura, que se desplaza "detrás de él". El alambre de soldadura, por tanto, es retirado de la pieza de trabajo inmediatamente.

También es favorable si el alambre de soldadura siempre es extraído a una longitud predefinida. De esta manera, siempre se restablece un estado inicial respecto al alambre de soldadura extraído. El operador o programador de un robot de soldadura, por tanto, no tiene que prepararse para una nueva situación cuando el alambre de soldadura ha

retrocedido una vez. El aprendizaje/supervisión de una secuencia de movimiento se simplifica con ello esencialmente.

En este contexto es ventajoso si la distancia del cabezal de soldadura (en particular del tubo de contacto) a la pieza de trabajo durante la soldadura se corresponde con la distancia cuando el alambre de soldadura extraído la longitud que se puede predefinir toca la pieza de trabajo. En esta variante de la invención, el cabezal de soldadura ocupa después durante la soldadura la misma posición relativamente a la pieza de trabajo que durante el aprendizaje/supervisión de la secuencia de movimiento. El aprendizaje/supervisión de la secuencia de movimiento se puede efectuar, por tanto, de manera particularmente parecida a la práctica. Por ejemplo, ya durante el proceso de aprendizaje, se puede reconocer y evitar un riesgo de colisión del cabezal de soldadura o del tubo de contacto con la pieza de trabajo. El inicio de la secuencia de movimiento aprendida para fabricar después la soldadura, se puede efectuar, por tanto, relativamente sin peligro.

En una variante ventajosa de la invención, el alambre de soldadura tras el inicio del procedimiento de detección "wire-touch" es extraído hasta que se detecta un flujo de corriente. De esta manera, se puede determinar la distancia entre cabezal de soldadura y pieza de trabajo sin que para ello haya tenido que moverse el cabezal de soldadura hacia la pieza de trabajo. El cálculo de la mencionada distancia puede efectuarse, por tanto, de manera particularmente segura.

Particularmente ventajoso es si el alambre de soldadura, al ser ajustado el cabezal de soldadura, es movido repetidamente a la pieza de trabajo y retrocediendo desde la pieza de trabajo, es decir, explorando el contorno de la pieza de trabajo, mientras no se haya alcanzado la longitud. En este contexto, es ventajoso un procedimiento para el aprendizaje/supervisión de una secuencia de movimiento del robot de soldadura que comprende las etapas:

- a) aplicación de la tensión de ensayo entre el alambre de soldadura y la pieza de trabajo mediante activación del procedimiento de detección «wire-touch»,
- b) movimiento del cabezal de soldadura a lo largo de la mencionada secuencia de movimiento en la pieza de trabajo,
- c) extracción del alambre de soldadura alojado de manera móvil del cabezal de soldadura hasta que este toca la pieza de trabajo y, de esta manera, se detecta un flujo de corriente o una caída de tensión en el circuito de corriente, en el que se sitúa el alambre de soldadura y la pieza de trabajo,
- d) retroceso del alambre de soldadura un tramo de retroceso que se puede predefinir, al menos hasta que se interrumpa de nuevo el circuito de corriente (el alambre de soldadura deja de tocar entonces la pieza de trabajo) y repetición de las etapas a) a d).

En esta variante de la invención, el alambre de soldadura es extraído continuamente hasta la superficie de pieza de trabajo y luego retraído de nuevo un poco. El movimiento del alambre de soldadura se asemeja, por tanto, al movimiento de una aguja de una máquina de coser. Esta extracción y retracción se efectúa mientras el cabezal de soldadura es movido a lo largo de la mencionada secuencia de movimiento en la pieza de trabajo. De esta manera, pueden obtenerse continuamente datos sobre la distancia del cabezal de soldadura a la pieza de trabajo y, por ejemplo, utilizarse para corregir una secuencia de movimiento que debe aprenderse o ya se ha guardado. En particular en los procedimientos de programación online, el cabezal de soldadura es movido por el operador o programador generalmente no con la suficiente exactitud, es decir, que el cabezal de soldadura no es guiado por lo general con distancia constante respecto a la pieza de trabajo. Mediante la exploración continua con el alambre de soldadura, el robot puede "intuir", sin embargo, lo que desea el operador y optimizar o corregir la secuencia de movimiento planeada con respecto a una distancia constante entre cabezal de soldadura y pieza de trabajo. Sea señalado en este punto que, por una repetición de la etapa a), se entiende tanto la aplicación repetida de la tensión de ensayo como también la aplicación permanente de la misma. En este sentido, con tensión de ensayo aplicada continuamente, también puede contarse con una repetición de las etapas b) a d). Sea señalado en este punto que el procedimiento anteriormente mencionado configurado por las etapas a) a d) puede representar una invención independiente también independientemente de otras características, en particular independientemente de las características de la reivindicación 1.

También es favorable si la longitud en que se extrae y retrae el alambre de soldadura del cabezal de soldadura se mide, en particular se mide manualmente, o se ajusta por medio de un equipo de entrada y/o salida o se define mediante contacto con la pieza de trabajo. De esta manera, el control de acuerdo con la invención conoce en todo momento en qué posición se encuentra el alambre de soldadura o su extremo o punta.

Es ventajoso si la tensión de ensayo o el flujo de corriente resultante de ello está dimensionado de menor magnitud que una tensión necesaria para la formación de un arco eléctrico / una corriente necesaria para la formación de un arco eléctrico. De esta manera, se puede cuidar la superficie de la pieza de trabajo, dado que en el contacto entre alambre de soldadura y pieza de trabajo no se producen fenómenos de quema.

También es ventajoso si la tensión de ensayo o el flujo de corriente resultante de ello está dimensionado de menor magnitud que una tensión necesaria para el derretimiento del alambre de soldadura / una corriente necesaria para derretimiento del alambre de soldadura. De esta manera, también se puede evitar un daño de la superficie de pieza de trabajo. Además, se puede evitar que la longitud real a la que ha sido extraído el alambre de soldadura sea

menor que la longitud supuesta por el control de acuerdo con la invención. Este por regla general no sabe si se ha derretido un alambre de soldadura ni cuánto.

Además, en este contexto es favorable si la fuente de corriente limita la cantidad de energía de tal manera que, en caso de un cortocircuito, no se produzca fusión del alambre de soldadura y de la pieza de trabajo, detectándose, sin embargo, el contacto de ambos lo más rápido posible, permaneciendo desactivadas, sin embargo, las demás funciones de supervisión, control y regulación para el verdadero procedimiento de soldadura como, por ejemplo, la disolución de cortocircuito, el transporte de alambre, el circuito refrigerante, etc., del aparato de soldadura. De manera ventajosa, se desconectan, pues, módulos que no son necesarios para el entrenamiento del robot, lo que, por un lado, eleva la seguridad, pero, por otro lado, también reduce el consumo energético.

Particularmente ventajoso es si la tensión de ensayo o el flujo de corriente resultante de ello está dimensionado de mayor magnitud que una tensión necesaria para la formación de un arco eléctrico / una corriente necesaria para la formación de un arco eléctrico, pero de menor magnitud que una tensión necesaria para el derretimiento del alambre de soldadura / una corriente necesaria para derretimiento del alambre de soldadura. Particularmente ventajoso es, por tanto, expresado con otras palabras, si la tensión de ensayo o el flujo de corriente resultante de ello se ajusta de tal modo que, al levantar el alambre de soldadura de la pieza de trabajo, muy brevemente se encienda un pequeño arco eléctrico cuya energía térmica, sin embargo, debido a la breve duración del encendido sea tan reducida que no se produzca ningún derretimiento del alambre de soldadura o pieza de trabajo. Ventajoso en ello es que este destello de luz bien visible que surge a este respecto permite al operador poder reconocer muy bien la posición del extremo de alambre en la pieza de trabajo y que esto sucede directamente en el lugar que es observado comúnmente por el operador. Esto es aún más ventajoso si, adicionalmente, las condiciones de luz en el lugar que debe programarse son malas.

Particularmente ventajoso es también si

- el cabezal de soldadura se mueve en la zona de una costura de soldadura, terminada o que debe fabricarse, transversalmente a su desarrollo,
- la posición del cabezal de soldadura y opcionalmente del alambre de soldadura se guarda o se calcula si no se detecta un flujo de corriente en el mencionado circuito de corriente, y
- se calcula a partir de varias posiciones guardadas o calculadas la anchura / altura de la costura de soldadura y/o la posición del cabezal de soldadura o del alambre de soldadura relativamente a la costura de soldadura.

En esta variante de la invención, actúa el robot de soldadura y la fuente de corriente no tanto como sistema de soldadura, sino más bien como aparato de medición. Por ejemplo, para ello el alambre de soldadura que penetra en una costura en V se mueve en vaivén para «detectar» la posición de las partes de pieza de trabajo. Del mismo modo puede medirse la elevación de una costura de soldadura terminada. De esta manera, por tanto, pueden calcularse parámetros geométricos de la costura de soldadura que debe fabricarse o ya fabricada. Concebible es también la fabricación de perfiles de superficie o representaciones en 3D de la costura de soldadura mediante exploración en forma de trama. De esta manera, se puede medir o valorar, por ejemplo, también la ondulación de la costura de soldadura. Mediante esta variante de la invención, se amplía mucho, por tanto, el espectro funcional de un sistema de soldadura, dado que este puede utilizarse no solo para soldar, sino también para el control de calidad. Para ello, ni siquiera es necesario realizar cambios, pues la "sonda de medición" es constituida por el alambre de soldadura. De esta manera, se suprime también la laboriosa colocación de la pieza de trabajo en una máquina de medición.

Además, es ventajoso si, en la evaluación del transporte de alambre de soldadura, se calcula el stickout más largo (es decir, la longitud que sobresale el alambre de soldadura del soplete de soldadura), que se corresponde con la posición central de la costura de soldadura. Dado que la costura de soldadura (no terminada) presenta el punto más profundo comúnmente en el centro, se puede calcular el centro sencillamente guardando la posición en la que se detectó el stickout más largo. A la inversa, la costura de soldadura (terminada) es por lo común más elevada en el centro, de tal modo que su centro se puede calcular sencillamente guardando la posición en la que se detectó el stickout más corto.

Favorable es, además, si se activa una alarma cuando no se detecta un flujo de corriente o una caída de tensión, aunque esto sería de esperar a partir de la posición del cabezal de soldadura o del alambre de soldadura y de las coordenadas de la pieza de trabajo. Esta problemática se presenta sobre todo cuando la forma de la pieza de trabajo y su posición relativamente al robot de soldadura son conocidas, es decir, esencialmente cuando se debe supervisar una secuencia de movimiento ya programada. Si se aproxima la punta del alambre de soldadura, supuesta por el control de robot, a la superficie de la pieza de trabajo sin que se produzca un flujo de corriente o caída de tensión, entonces es que manifiestamente no coincide el escenario supuesto por el control de robot con la realidad, y se activa una alarma.

Particularmente ventajoso es en este contexto si, al activarse la alarma, se considera un valor de tolerancia dimensionado en una longitud y/o -cuando se mueve el cabezal de soldadura / el alambre de soldadura- un valor de tolerancia dimensionado en un periodo de tiempo. Para que no se active la alarma con la más mínima irregularidad, también se puede tener en cuenta en la activación de una alarma un valor de tolerancia. Este puede estar dimensionado en una longitud o -si se presupone un movimiento del cabezal de soldadura y/o del alambre de

soldadura- también en un periodo de tiempo.

Por regla general, está presente un sistema de accionamiento para el alambre de soldadura. La invención puede ser llevada a la práctica en este caso de manera particularmente sencilla. Además, es fácilmente imaginable que robots de soldadura ya existentes puedan ser ampliados con las funciones de acuerdo con la invención. El ámbito de aplicación de la invención se amplía de este modo considerablemente. Además, generalmente los alambres de soldadura son relativamente finos y, por ello, son muy apropiados como "sonda de medición", con lo que el robot de soldadura se puede utilizar muy bien no solo para la soldadura, sino también para el control de calidad.

Particularmente ventajoso es un procedimiento en el que, entre una parte eléctricamente conductora del cabezal de soldadura y la pieza de trabajo, se aplica una tensión de ensayo y el cabezal de soldadura es detenido o retrocede cuando en un circuito de corriente, en el que se encuentra la mencionada parte conductora y la pieza de trabajo, se detecta un flujo de corriente o una caída de tensión. En esta variante de la invención, los principios ya mencionados y ventajas resultantes de ellos se aplican directamente al cabezal de soldadura, detectándose el contacto de partes eléctricamente conductoras del mismo, por ejemplo, una boquilla de gas metálica, con la pieza de trabajo. Si este es el caso, se detecta a su vez un flujo de corriente en el mencionado circuito de corriente. Esta variante de la invención no se limita a este respecto al aprendizaje/supervisión de una secuencia de movimiento, sino que también puede aplicarse durante la propia soldadura. De esta manera, contactos no deseados entre cabezal de soldadura y pieza de trabajo pueden ser detectados, por tanto, también al ejecutarse una secuencia de movimiento y reducirse sus consecuencias.

Ventajoso es, en una instalación de soldadura de acuerdo con la invención, si se realiza un cálculo automático de la posición central de un cordón de soldadura en el que el soplete de soldadura es desplazado por el robot de soldadura transversalmente al cordón de soldadura. De esta manera, se puede calcular automáticamente y sin peligro el centro de un cordón de soldadura.

En este contexto es ventajoso si el alambre de soldadura es movido durante el movimiento del soplete de soldadura transversalmente al cordón de soldadura, en particular transversalmente a una soldadura en ángulo, continuamente hacia la pieza de trabajo y vuelta, y, a continuación, se realiza una evaluación del transporte de alambre de soldadura. Mediante esta medida, se evita de manera particularmente efectiva una colisión del aparato de soldadura con la pieza de trabajo, dado que el alambre de soldadura está en contacto con la pieza de trabajo siempre solo muy brevemente.

Resulta favorable si el robot de soldadura comprende una fuente de corriente/tensión de soldadura que esté preparada para generar la tensión de ensayo. De esta manera, la fuente de corriente/tensión de soldadura puede cumplir una doble función, concretamente, posibilitar la soldadura y el aprendizaje/supervisión de una secuencia de movimiento.

Finalmente, también es favorable si el robot de soldadura comprende una fuente de corriente/tensión de soldadura y otra fuente de tensión/corriente para la generación de la tensión de ensayo. En esta variante, está prevista, por tanto, una fuente de tensión/corriente separada para la generación de la tensión de ensayo. La tensión de ensayo se puede generar de esta manera en ciertas circunstancias de manera más sencilla, dado que entre corriente de soldadura y corriente de ensayo hay gran diferencia en órdenes de magnitud.

Por una "fuente de tensión/corriente» se entiende en el marco de la invención cualquier fuente de energía eléctrica con cualesquiera características. Ventajosamente, sin embargo, tanto para la soldadura como para el aprendizaje/supervisión de una secuencia de movimiento se utilizan fuentes de energía con las características seleccionables correspondientemente requeridas, pero, por supuesto, en rangos de voltaje claramente diferentes.

Para entender mejor la invención, la misma se explica con más detalle mediante las siguientes figuras. Muestran en cada caso en representación simplificada muy esquemática:

- la Figura 1 una representación esquemática de una máquina de soldadura o de un aparato de soldadura;
- la Figura 2 una representación esquemática de un robot de soldadura;
- la Figura 3 un esquema de conexiones básico del circuito de corriente de ensayo de acuerdo con la invención;
- la Figura 4 un soplete de soldadura posicionado sobre dos partes de pieza de trabajo que están preparadas para una costura de soldadura antes de un procedimiento de detección "wire-touch";
- la Figura 5 el soplete de soldadura de la figura 4 tras el inicio del procedimiento de detección "wire-touch";
- la Figura 6 el soplete de soldadura de la figura 4 tras el avance hacia una parte de pieza de trabajo;
- la Figura 7 el soplete de soldadura de la figura 4 tras el retroceso del alambre de soldadura;
- la Figura 8 el soplete de soldadura de la figura 4 tras el avance hacia la otra parte de pieza de trabajo;
- la Figura 9 el soplete de soldadura de la figura 4 tras la detección del centro de costura de soldadura;
- la Figura 10 una costura de soldadura Y que debe ser medida, antes de su fabricación;
- la Figura 11 una costura de soldadura Y que debe ser medida, tras su fabricación;
- la Figura 12 un diagrama de diagrama de flujo para la visualización de un procedimiento de acuerdo con la invención y
- la Figura 13 Sub-rutinas para el diagrama de flujo de acuerdo con la figura 12.

A modo de introducción, téngase en cuenta que en las formas de realización descritas de manera diferente las partes iguales se dotan de las mismas referencias o las mismas denominaciones de componente, pudiendo trasladarse las divulgaciones contenidas en toda la descripción, lógicamente, a las mismas partes con las mismas referencias o las mismas denominaciones de componente. También se refieren las indicaciones de posición elegidas en la descripción, tales como, por ejemplo, arriba, abajo, lateralmente, etc., a la figura inmediatamente descrita, así como representada y, en caso de cambio de posición, deben trasladarse lógicamente a la nueva posición.

Todas las indicaciones sobre intervalos de valores en la descripción figurativa deben entenderse de tal modo que incluyan todos y cualesquiera intervalos parciales de las mismas, por ejemplo, la indicación 1 a 10 debe entenderse de tal modo que todos los intervalos parciales, partiendo del límite inferior 1 y del límite superior 10, estén incluidos, es decir, que todos los intervalos parciales empiezan con un límite inferior de 1 o más y terminan en un límite superior de 10 o menos, por ejemplo 1 a 1,7, o 3,2 a 8,1 o 5,5 a 10.

En la figura 1, se muestra un aparato de soldadura 1 en sí conocido o una instalación de soldadura para los más diversos procesos o procedimientos como, por ejemplo, soldadura MIG/MAG o soldadura WIG/TIG o procedimiento de soldadura con electrodos, procedimiento de soldadura con dos alambres/tándem, soldadura por plasma o soldadura indirecta, etc.

El aparato de soldadura 1 comprende una fuente de corriente 2 con una unidad de potencia 3 dispuesta en ella, un dispositivo de control 4 y otros componentes y conductos no representados como, por ejemplo, un elemento de conmutación, válvulas de control, etc. El dispositivo de control 4 está conectado, por ejemplo, con una válvula de control que está dispuesta en un conducto de alimentación para un gas 5, en particular un gas protector como, por ejemplo, CO<sub>2</sub>, helio, argón y similares, entre un depósito de gas 6 y un soplete de soldadura 7 o un quemador.

Además, por medio del dispositivo de control 4, se puede controlar también un aparato para avance de alambre 8 que se utiliza a menudo para la soldadura MIG/MAG, alimentándose por medio de un conducto de alimentación un material de aportación o un alambre de soldadura 9 desde un tambor de almacenamiento 10 o un rollo de alambre a la zona del soplete de soldadura 7. Por supuesto, es posible que el aparato para avance de alambre 8, como se conoce por el estado de la técnica, esté integrado en el aparato de soldadura 1, en particular en la carcasa 11 de la fuente de corriente 2, y no esté posicionado, tal como se representa en la figura 1, como aparato adicional sobre un carro de desplazamiento 12. En este sentido, se habla de un denominado "aparato de soldadura compacto" 1. A este respecto, también es posible que el aparato para avance de alambre 8 esté colocado directamente sobre el aparato de soldadura 2, es decir, que la carcasa 11 de la fuente de corriente 2 esté configurada sobre el lado superior para el alojamiento del aparato de avance de alambre 8, de tal modo que se puede prescindir del carro de desplazamiento 12.

También es posible que el aparato para avance de alambre 8 alimente el alambre de soldadura 9 o el material de aportación fuera del soplete de soldadura 7 en el punto de proceso, estando dispuesto para ello en el soplete de soldadura 7 preferentemente un electrodo que no puede derretirse, como es habitual esto en la soldadura WIG/TIG.

La corriente para el establecimiento de un arco eléctrico 13, en particular un arco eléctrico de trabajo, entre el electrodo o el alambre de soldadura 9 y una pieza de trabajo 14 compuesta preferentemente por una o varias partes, es alimentada por medio de un cable de soldadura, no representado, por la unidad de potencia 3 de la fuente de corriente 2, al soplete de soldadura 7, en particular el electrodo o el alambre de soldadura 9, estando conectada la pieza de trabajo 14 que debe soldarse por medio de otro cable de soldadura para el restante potencial, en particular el cabe de masa, con la fuente de corriente 2 (no representada) y, por tanto, pudiendo establecerse un circuito de corriente por medio del arco eléctrico 13 o el chorro de plasma formado para un procedimiento. En el uso de un quemador con un arco eléctrico interno 13, los dos cables de soldadura, no representados, están guiados al quemador, de tal modo que en el quemador se puede establecer un correspondiente circuito de corriente, como puede ser este el caso en un quemador por plasma.

Para refrigerar el soplete de soldadura 7, el soplete de soldadura 7 puede estar conectado por medio de un aparato refrigerante 15, con intermediación de posibles componentes como, por ejemplo, un interruptor de caudal, con un recipiente de líquido, en particular un recipiente de agua 16, con un indicador de estado de llenado 17, por medio de lo cual el aparato refrigerante 15 puede ser iniciado al ponerse en marcha el soplete de soldadura 7, en particular, una bomba de líquido utilizada para el líquido dispuesto en el recipiente de agua 16 y, con ello, puede efectuarse una refrigeración del soplete de soldadura 7. Como se muestra en el ejemplo de realización representado, el aparato refrigerante 15 se posiciona en el carro de desplazamiento 12, sobre el que a continuación se coloca la fuente de corriente 2. Los componentes individuales de la instalación de soldadura, es decir, la fuente de corriente 2, el aparato para avance de alambre 8 y el aparato refrigerante 15, están configurados a este respecto de tal modo que estos presentan salientes o entalladuras correspondientes, de tal modo que pueden ser apilados o colocados uno sobre otro de manera segura.

El aparato de soldadura 1, en particular la fuente de corriente 2, presenta además un equipo de entrada y/o salida 18 por medio del cual se pueden configurar o abrir y mostrar los más diversos parámetros de soldadura, modos de funcionamiento o programas de soldadura del aparato de soldadura 1. A este respecto, los parámetros de soldadura, modos de funcionamiento o programas de soldadura configurados por medio del equipo de entrada y/o salida 18 son transmitidos al dispositivo de control 4 y, por medio de este, a continuación son controlados los componentes



individuales de la instalación de soldadura o del aparato de soldadura 1 o se emiten correspondientes valores de referencia para la regulación o control. En este sentido, también es posible que, si se usa un correspondiente soplete de soldadura 7, también se puedan efectuar procesos de ajuste por medio del soplete de soldadura 7, estando equipado para ello el soplete de soldadura 7 con un equipo de entrada y/o salida 19 de soplete de soldadura. Preferentemente, a este respecto el soplete de soldadura 7 está conectado por medio de un bus de datos, en particular un bus de datos serial, con el aparato de soldadura 1, en particular la fuente de corriente 2 o el aparato para avance de alambre 8. Para iniciar el proceso de soldadura, el soplete de soldadura 7 presenta generalmente un botón de inicio, no representado, de tal modo que se puede encender el arco eléctrico 13 accionando el botón de inicio. Para realizar una protección contra la gran radiación térmica del arco eléctrico 13, es posible que el soplete de soldadura 7 esté equipado con una pantalla de protección térmica 20.

Además, en el ejemplo de realización representado, el soplete de soldadura 7 está conectado por medio de un paquete de cables 21 con el aparato de soldadura 1 o la instalación de soldadura, estando fijado el paquete de cables 21 por medio de una protección contra dobladuras 22 en el soplete de soldadura 7. En el paquete de cables 21, están dispuestos los cables individuales como, por ejemplo, el cable de alimentación o cables para el alambre de soldadura 9, para el gas 5, para el circuito refrigerante, para la transmisión de datos, etc., del aparato de soldadura 1 al soplete de soldadura 7, estando conectado el cable de masa, por el contrario, preferentemente por separado con la fuente de corriente 2. El paquete de cables 21 se conecta por medio de un dispositivo de acoplamiento (no representado) a la fuente de corriente 2 o el aparato para avance de alambre 8, estando fijados los cables individuales, por el contrario, en el paquete de cables 21 con una protección contra dobladuras en el soplete de soldadura 7. Para garantizar una correspondiente descarga de tracción del paquete de cables 21, el paquete de cables 21 puede estar conectado por medio de un dispositivo de descarga de tracción, no representado, con la carcasa 11 de la fuente de corriente 2 o el aparato para avance de alambre 8.

De manera fundamental, debe mencionarse que, para los más variados procedimientos de soldadura o aparatos de soldadura 1 como, por ejemplo, aparatos WIG o MIG/MAG o aparatos de plasma, no es necesario utilizar o aplicar todos los componentes anteriormente mencionados. A este respecto, por ejemplo, es posible que el soplete de soldadura 7 esté realizado como soplete de soldadura 7 refrigerado por aire, de tal modo que, por ejemplo, puede prescindirse del aparato refrigerante 15. Además, es posible que puedan disponerse o emplearse otras partes o componentes como, por ejemplo, una protección contra abrasión 23 en el aparato para avance de alambre 8 o un soporte de opciones 24 en un dispositivo de soporte 25 para el depósito de gas 6, etc.

La figura 2 muestra de manera muy simplificada un robot de soldadura 26, con una base de robot 27, un brazo robótico 28 y un cabezal de soldadura 29 del que sobresale un alambre de soldadura 30. En la figura 2 se representa, además, una pieza de trabajo 31 ejemplar. El robot de soldadura 26 representado en la figura 2 presenta un primer sistema de accionamiento en sí conocido con un primer control de accionamiento en sí conocido (no representado) para el cabezal de soldadura 29. Además, el robot de soldadura 26 puede comprender los grupos de componentes mencionados respecto a la figura 1 en composición básicamente conocida.

La figura 3 muestra un esquema de conexiones eléctricas muy simplificado del robot de soldadura 26. En él está representado de nuevo el cabezal de soldadura 29 con el alambre de soldadura 30 sobresaliendo sobre la pieza de trabajo 31. El alambre de soldadura 30 puede ser extraído del cabezal de soldadura 29 y también retraído nuevamente por medio de dos rodillos 32, estando accionado al menos uno de ellos. El/los rodillo/s de accionamiento 32 constituyen, por tanto, el segundo sistema de accionamiento. Este es controlado por un segundo control de accionamiento 33. Entre los rodillos 32 y la pieza de trabajo 31, está conectada una fuente de tensión/corriente 34, así como un amperímetro 35 situado en serie. Alternativa o adicionalmente, también puede estar previsto un voltímetro para medir la tensión de ensayo generada por la fuente de tensión/corriente 34 (no representado). Ventajosamente también puede medirse la longitud 1 a la que es extraída el alambre de soldadura 30 del cabezal de soldadura 29, por ejemplo, con ayuda de indicadores de ángulo de giro en los rodillos 32 o mediante procesamiento óptico de imagen en el que se evalúe la estructura superficial del alambre de soldadura 30 que pasa junto a un sensor óptico.

Una primera variante funcional del robot de soldadura 26 representado en las figuras 2 y 3 es del siguiente modo: En una primera etapa, el alambre de soldadura 30 es extraído una longitud predefinible 1 (en inglés, "stickout") del cabezal de soldadura 29. A continuación, se alcanza una posición en la pieza de trabajo 31. Esta puede ser alcanzada manualmente, por ejemplo, para fijar una secuencia de movimiento para el robot de soldadura 26 ("teach-in"), o también puede ser alcanzada automáticamente, por ejemplo, para comprobar una secuencia de movimiento guardada. En particular, en procedimientos conocidos por el estado de la técnica, las secuencias de movimiento aún muy poco maduras en parte en esta fase provocan contactos frecuentes y, a menudo, bruscos entre el alambre de soldadura 30 y la pieza de trabajo 31. En el caso extremo, el cabezal de soldadura 29 incluso puede chocar contra la pieza de trabajo 31. Esto provoca que se doble el alambre de soldadura 30 o incluso un daño del cabezal de soldadura 29. Ambas cosas acarrearán pérdida de tiempo durante el proceso de aprendizaje/supervisión, dado que el extremo doblado del alambre de soldadura 30 debe ser retirado manualmente y/o el cabezal de soldadura 29 reparado.

En las figuras 4 a 9 se representa de manera simplificada una secuencia de un proceso de aprendizaje en el que se configura y guarda al menos una posición de partida y/o posición final en la pieza de trabajo 14 o pieza de trabajo 31

para el soplete de soldadura 7 o cabezal de soldadura 29. Por lo común, se fijan manualmente múltiples posiciones de este tipo, de tal modo que, a continuación, se puede realizar un correspondiente procedimiento de soldadura a lo largo de una pista mediante cálculo de las posiciones situadas entremedias. En este sentido, el operario realiza manualmente el proceso y este sirve para la grabación de la más diversas posiciones a lo largo de una pieza de trabajo 14.

En el denominado aprendizaje, primero es controlado por el operario el soplete de soldadura 7, que está fijado en un extremo, en particular en el último eje del robot de soldadura 26, con un proceso de configuración manual del robot de soldadura 26 a través de un panel de control de robot, de tal manera que el soplete de soldadura 7, por ejemplo, se posicione sobre la pieza de trabajo 14, como se aprecia esto en la figura 4. Por lo común, en este sentido, está desactivada la alimentación de corriente del soplete de soldadura 7 y otros sistemas de control y regulación del aparato de soldadura 1, de tal modo que no pueden producirse, en caso de cortocircuito involuntario, flujos de corriente imprevistos. Preferentemente, antes del posicionamiento del soplete de soldadura 7, el alambre de soldadura 9 es primero acortado por el operario, quiere decir, cortado en la superficie frontal del tubo de contacto y, a continuación, extraído mediante establecimiento de una longitud 1, es decir, un denominado "stickout", de tal modo que el alambre de soldadura 9 adopta correspondientemente la posición correcta para la soldadura. Este proceso puede realizarlo el operario manualmente en el aparato de soldadura 1 o -si existe- introducirlo por medio de un panel de mando. Así, pueden fijarse las posiciones con el stickout 1 requerido para el procedimiento de soldadura. Esto tiene la ventaja de que, durante el aprendizaje, se puede tener en cuenta la correspondiente distancia del soplete de soldadura 7 a la pieza de trabajo 14 con el stickout 1 necesario.

Si el operario ha posicionado el soplete de soldadura 7 aproximadamente sobre una posición de partida deseada por él en la pieza de trabajo 14 con correspondiente longitud de stickout 1 (véase figura 4), se inicia a continuación, de acuerdo con la invención un denominado "procedimiento de detección "wire-touch"" en el aparato de soldadura 1, como se representa esto en la figura 5 mediante activación del conmutador 36. Esto puede efectuarse de muy diversas maneras. Por ejemplo, este proceso puede ser activado mediante activación de un botón/conmutador 36 en un panel de control de robot (no representado), o el operario puede accionar un botón 36 en el aparato de soldadura 1 o en un telemando. Al activarse el proceso de aprendizaje, el soplete de soldadura 7, en particular el alambre de soldadura 9, y la pieza de trabajo 14 se conectan con una fuente de corriente de aprendizaje 34 en el aparato de soldadura 1, de tal modo que se puede establecer un circuito de corriente entre estos. Por supuesto, es posible que, en lugar de una fuente de corriente de aprendizaje 34 empleada propiamente para tal fin, también se pueda utilizar la unidad de potencia, es decir, la fuente de corriente 2 del aparato de soldadura 1. La fuente de corriente 34 tiene la función de limitar la cantidad de energía de tal modo que, en caso de un cortocircuito, es decir, un contacto del alambre de soldadura 9 con la pieza de trabajo 14, no se produzca una fusión del alambre de soldadura 9 y de la pieza de trabajo 14, detectándose, sin embargo, el contacto de ambos lo más rápido posible, permaneciendo desactivadas, sin embargo, las demás funciones de supervisión, control y regulación para el habitual procedimiento de soldadura como, por ejemplo, la disolución de cortocircuito, el transporte de alambre, circuito refrigerante, etc., del aparato de soldadura 1. Preferentemente, la fuente de corriente 34 proporciona tal cantidad de energía que, al levantar el alambre de soldadura 9 de la pieza de trabajo 14, se enciende un breve arco eléctrico 37 fácilmente visible que, sin embargo, tras un tiempo predefinible, se apaga o, debido a la gran distancia entre pieza de trabajo 14, 31 y alambre de soldadura 9 se apaga automáticamente.

Después de que el usuario haya activado el procedimiento de detección "wire-touch", es decir, la fuente de corriente 34 para la supervisión de un cortocircuito, este puede posicionar el soplete de soldadura 7 exactamente en la pista en la pieza de trabajo 14. Para ello, el soplete de soldadura 7 puede ser movido manualmente por medio del panel de mando de robot horizontal y/o verticalmente, teniendo el operario la posibilidad de realizar el posicionamiento por medio del alambre de soldadura 9, es decir, de guiar el soplete de soldadura 7 de esta manera hasta que el extremo del alambre de soldadura 9 esté posicionado en la posición deseada -por ejemplo, en la posición 100 de acuerdo con la figura 9. Por ejemplo, el soplete de soldadura 7 de acuerdo con la figura 6 se mueve verticalmente hacia la pieza de trabajo 14 de acuerdo con la flecha 38. Dado que está activado el procedimiento de detección "wire-touch", el operario no necesita estar ya pendiente del alambre de soldadura 9, en particular del contacto del alambre de soldadura 9 con la pieza de trabajo 14, dado que con el procedimiento de detección "wire-touch" está presente una denominada protección contra colisión y, por tanto, se impide que el alambre de soldadura 9 se doble en caso de contacto con la pieza de trabajo 14. Con ello, el operario, como se representa, puede desplazar sin problema el soplete de soldadura 7 hacia la pieza de trabajo 14, dado que con la detección del cortocircuito el alambre de soldadura 9 retrocede y, con ello, se rebaja/reduce la longitud de stickout 1, como se representa con la línea discontinua en la figura 6. Esto tiene la ventaja de que el operario, con ello, puede ver la posición exacta del soplete de soldadura 7 en la pieza de trabajo 14 y, por tanto, la divergencia respecto a la posición deseada 100. Gracias a la posición del alambre de soldadura 9, también se puede deducir el centro del soplete de soldadura 7, dado que ya no hay distancia entre el alambre de soldadura 9 y la pieza de trabajo 14 y no se ha modificado la orientación del alambre de soldadura 9.

Dado que, por tanto, está activado el procedimiento de detección "wire-touch", el aparato de soldadura 1 detecta el cortocircuito y retrae inmediatamente el alambre de soldadura 9 de acuerdo con la flecha 39 de la figura 6. Si el operario sigue controlando el soplete de soldadura 7 hacia la pieza de trabajo 14, mediante la retracción introducida automáticamente del alambre de soldadura 9, se impide que el alambre de soldadura 9 se doble, es decir, que el operario no necesita estar pendiente del stickout 1 del alambre de soldadura 9 y el soplete de soldadura 7 puede ser

aproximado discrecionalmente a la pieza de trabajo 14, dado que el alambre de soldadura 9 es retraído inmediatamente en contra del movimiento del soplete de soldadura al detectarse un cortocircuito y, por tanto, se impide un doblamiento del alambre de soldadura 9.

5 Si el operario detiene el movimiento de soplete de soldadura hacia la pieza de trabajo 14, a pesar de ello prosigue la retracción del alambre de soldadura 9, dado que aún está presente un cortocircuito. De acuerdo con la figura 7, se puede apreciar que el alambre de soldadura 9 siempre sigue siendo retraído hasta que se levanta de la superficie de la pieza de trabajo 14 y, por ejemplo, se enciende un arco eléctrico 37 para la percepción óptica de la posición. A continuación, se detiene la retracción y es introducido por el aparato de soldadura 1 el transporte del alambre de soldadura 9 a su longitud 1, es decir, que, tras el levantamiento del alambre de soldadura 9 de la pieza de trabajo 14, 10 31, se invierte el transporte de alambre y el alambre de soldadura 9 es transportado a su longitud de stickout 1 o, en caso de un nuevo cortocircuito, se repite el proceso. Se realiza, por tanto, un movimiento de avance y retroceso continuo -como se representa esquemáticamente de acuerdo con la flecha 39 en la figura 7- hasta que el soplete de soldadura 7 presenta una menor distancia a la pieza de trabajo 14, 31 que la longitud/longitud de stickout 1 configurada. De manera fundamental, debe mencionarse que la velocidad de transporte de retroceso 15 preferentemente se selecciona de tal modo que esta es más rápida que el movimiento de avance del soplete de soldadura 7 controlado manualmente, de tal modo que se impide un doblamiento del alambre de soldadura 9, dado que el soplete de soldadura 7 no puede ser desplazado tan rápidamente a la pieza de trabajo 14 como es retraído el alambre de soldadura 9. Preferentemente, la fuente de corriente 34 está diseñada de tal modo que el arco eléctrico 37 se enciende al levantarse el alambre de soldadura 7 de la pieza de trabajo 14, como se representa esto en la 20 figura 7. Mediante el breve resplandor del arco eléctrico 37, se consigue de manera ventajosa en concreto que el operario, en caso de mala iluminación de la pieza de trabajo 14, en particular en carrocerías de vehículos difícilmente accesibles, puede determinar/estimar mejor la posición, dado que, mediante el continuado movimiento del alambre de soldadura 9 arriba y abajo, se produce un repetido encendido del arco eléctrico 37 y, por tanto, se crea una iluminación del entorno, por medio de lo cual se aprecia la divergencia respecto a la posición deseada 100.

25 Como se puede apreciar en las figuras 6 y 7, el soplete de soldadura 7 aún no está posicionado centralmente en la pieza de trabajo 14, en particular en la posición planeada 100, de tal modo que el operario efectúa otra corrección del soplete de soldadura 7 y desplaza este, por ejemplo, lateralmente, como se representa esto en la figura 8 de acuerdo con la flecha 40. A este respecto, el alambre de soldadura 9 es retraído continuamente al aparecer un cortocircuito y transportado de nuevo hacia delante, hasta el siguiente cortocircuito o la longitud programada 1. En el ejemplo representado en la figura 8, el soplete de soldadura 7 está posicionado por su parte dentro de la longitud 1 30 en la pieza de trabajo 14, de tal modo que se produce un movimiento continuo hacia arriba y abajo del alambre de soldadura 9 de acuerdo con la flecha 39, de tal modo que simultáneamente, durante el movimiento horizontal de la posición del soplete de soldadura 7 de acuerdo con la figura 7 a la posición del soplete de soldadura 7 de acuerdo con la figura 8 -de acuerdo con la flecha 40-, el alambre de soldadura 9 recorre así la superficie de la pieza de trabajo 14, es decir, el contorno, mediante el movimiento continuo hacia arriba y abajo sin doblarse a este respecto. Se puede decir, por tanto, que, mediante correspondiente posicionamiento cercano del soplete de soldadura 7 35 dentro de la longitud de stickout 1, se recorre la superficie de la pieza de trabajo 14 con el alambre de soldadura 9, por medio de lo cual se posibilita una configuración/posicionamiento del soplete de soldadura 7, dado que, por decirlo así, el alambre de soldadura 9 está posicionado directamente sobre la pieza de trabajo 14 y, por tanto, 40 transmite la posición 100 del soplete de soldadura 7.

Si el operario ha configurado manualmente la posición deseada 100, por ejemplo, el punto central de un cordón de soldadura, tal como se representa en la figura 9, finaliza, por ejemplo, mediante repetido accionamiento del conmutador 36 o de un botón, el procedimiento de detección "wire-touch", por medio de lo cual la fuente de corriente 45 34 es desconectada del soplete de soldadura 7. Simultáneamente es posible que automáticamente, al finalizar, se efectúe una grabación de la posición del soplete de soldadura 7, es decir, de la posición de robot de soldadura, o que el usuario introduzca la grabación de la posición manualmente. También es posible que, tras la configuración del soplete de soldadura 7, se inicie inmediatamente un proceso de soldadura.

50 Sin embargo, también es posible que, al finalizar el procedimiento de detección "wire-touch", se emita una señal de aviso cuando el soplete de soldadura 7 esté posicionado dentro de la longitud de stickout 1 -es decir, demasiado cerca de la pieza de trabajo 14-, de tal modo que el operario pueda resolver esto mediante simple retroceso del soplete de soldadura 7. Sin embargo, también es posible que el movimiento de avance/retroceso se detenga al finalizar el procedimiento de detección "wire-touch" aunque el soplete de soldadura 7 esté posicionado dentro de la longitud de stickout 1, haciéndose retroceder, sin embargo, para ello primero el alambre de soldadura 9 hasta que se suprima el cortocircuito y que, a continuación, se detenga el movimiento de avance/retroceso y, por tanto, ya no se 55 dé ningún cortocircuito. Por supuesto, también es posible que puedan estar integradas otras funciones de seguridad que impidan que, al iniciarse un proceso de soldadura, puedan darse problemas.

Además, es posible que el operario pueda efectuar diferentes configuraciones en el procedimiento de detección "wire-touch". Por un lado, se puede seleccionar un procedimiento de detección "wire-touch" en el que el alambre de soldadura 9 esté posicionado correspondientemente a una longitud de stickout 1 predefinible, como se describe en 60 las figuras 4 a 9, o, por otro lado, el alambre de soldadura 9 sea extraído siempre hasta el contacto con la pieza de trabajo 14 independientemente de una longitud de stickout 1, es decir, que el alambre de soldadura 9, al iniciarse el procedimiento de detección "wire-touch", sea transportado automáticamente hacia la pieza de trabajo 14 hasta que

este provoque un cortocircuito con la pieza de trabajo 14.

Por supuesto, el procedimiento «wire-touch», que se acaba de describir manualmente, también puede realizarse de manera automatizada. A este respecto, por ejemplo, se supervisa la longitud de stickout 1 esencialmente de manera continuada y se adapta correspondientemente la posición de altura del soplete de soldadura 7 y, con ello, se fija la posición deseada 100.

En una variante ventajosa, se calcula el retardo necesario del soplete de soldadura 7 con ayuda de su velocidad momentánea y con ayuda de la longitud 1 teniendo en cuenta una distancia de seguridad. Si  $s$  designa la longitud 1 descontada la distancia de seguridad, se puede calcular el retardo  $a$  necesario fácilmente con la ecuación  $a=v^2/2s$ , indicando  $v$  la velocidad del soplete de soldadura 7.

Después de que se haya resuelto la situación de peligro, el alambre de soldadura 9 puede ser extraído de nuevo a la longitud 1 para alcanzar una nueva posición en la secuencia de movimiento del soplete de soldadura 7.

Ventajosamente, la distancia del soplete de soldadura 7 de la pieza de trabajo 14 se corresponde más tarde durante la soldadura con la distancia cuando el alambre de soldadura 9 extraído la longitud 1 predefinible toca la pieza de trabajo 14. El soplete de soldadura 7 adopta, pues, en el aprendizaje/supervisión de la secuencia de movimiento la misma posición relativamente a la pieza de trabajo 14 que durante la soldadura. De esta manera, es posible un aprendizaje particularmente sencillo. A este respecto, el soplete de soldadura 7 es desplazado manualmente y relativamente deprisa a una posición deseada en la pieza de trabajo 14. Si el alambre de soldadura 9 toca la pieza de trabajo 14, por un lado, se guarda la posición, por otro lado, como se ha descrito anteriormente, se impide una colisión sin que el operario haya tenido que frenar para ello manualmente el soplete de soldadura 7. Esto puede efectuarse de manera totalmente automática.

En otra variante de la invención, entre una parte eléctricamente conductora del soplete de soldadura 7, por ejemplo, una boquilla de gas metálica, y la pieza de trabajo 14 se aplica una tensión de ensayo. Si en un circuito de corriente, en el que se sitúa la mencionada parte conductora del soplete de soldadura 7 y la pieza de trabajo 14, se detecta un flujo de corriente y o caída de tensión, el soplete de soldadura 7 es detenido o retraído. Es concebible a este respecto que, junto al alambre de soldadura 9, también esté conectada una boquilla de gas del soplete de soldadura 7 con la fuente de tensión/corriente 34. Por ejemplo, rodillos de contacto (no representados) en el soplete de soldadura 7 pueden absorber la tensión de ensayo del alambre de soldadura 9 y derivarla a la boquilla de gas o, por medio de una barra de boquilla, establecer un contacto conductor con la boquilla de gas. También es concebible que se prevea un conducto separado en un paquete de cables para conducir la tensión de ensayo a la boquilla de gas. El amperímetro 35 o el dispositivo de detección electrónico detecta tanto contactos entre el alambre de soldadura 9 y la pieza de trabajo 14 como entre el soplete de soldadura 7 y la pieza de trabajo 14. También es concebible que se prevea para el soplete de soldadura 7 un segundo circuito de ensayo propio. Para ello, se requiere al menos otro amperímetro o agente de detección y -si se desea realizar el circuito de ensayo adicional de manera completamente independiente- también otra fuente de tensión/corriente. Ventajosamente en este caso puede diferenciarse si el alambre de soldadura 9 o el soplete de soldadura 7 toca la pieza de trabajo 14. La detección de un contacto entre el soplete de soldadura 7 y la pieza de trabajo 14 no está limitada a este respecto solo al aprendizaje/supervisión de una secuencia de movimiento, sino que también puede aplicarse durante la propia soldadura. De esta manera, contactos no deseados entre soplete de soldadura 7 y pieza de trabajo 14 pueden ser detectados también al ejecutarse una secuencia de movimiento y pueden reducirse sus consecuencias.

En otra variante de la invención, se calcula la anchura/altura de una costura de soldadura (terminada o que debe fabricarse) y/o la posición del cabezal de soldadura 29 o del alambre de soldadura 30 relativamente a la costura de soldadura respecto a la disposición representada en las figuras 2 y 3.

La figura 10 muestra al respecto dos partes de pieza de trabajo 31a y 31b preparadas para una soldadura (en este caso, una costura Y), así como el cabezal de soldadura 29 y el alambre de soldadura 30 que sobresale. El cabezal de soldadura 29 se mueve en la zona de la costura de soldadura transversalmente a su desarrollo. A este respecto, la posición del cabezal de soldadura 29 y opcionalmente del alambre de soldadura 30 se guarda o se calcula cuando el amperímetro 35 detecta un flujo de corriente, es decir, cuando el alambre de soldadura 30 toca la pieza de trabajo 31. A partir de varias posiciones guardadas o calculadas, se calcula entonces la anchura  $b$  de la costura de soldadura y/o la posición del cabezal de soldadura 29 o del alambre de soldadura 30 relativamente a la costura de soldadura (véase al respecto también el desplazamiento del eje central de la costura de soldadura respecto al eje central del cabezal de soldadura 29 o del alambre de soldadura 30).

La figura 11 muestra la costura de la figura 10 tras la terminación. También en este caso se puede calcular la anchura  $b$  de la costura de soldadura y/o la posición del cabezal de soldadura 29 o del alambre de soldadura 30 relativamente a la costura de soldadura. Esto se efectúa de manera muy similar a como se ha descrito respecto a la figura 4, solo que el cabezal de soldadura 29 se desplaza hacia la costura de soldadura desde fuera.

Por supuesto, en los casos mostrados en las figuras 10 y 11, también puede medirse el perfil de altura de la costura de soldadura. Así, por ejemplo, se puede medir la profundidad del biselado de la costura Y o también la altura de la costura de soldadura que en la figura 11 sobresale sobre la superficie de pieza de trabajo. De esta manera, se

puede emplear el robot de soldadura 26 no solo para soldar, sino también para el control de calidad, midiéndose la costura de soldadura después de la soldadura. Concebible es también la fabricación de perfiles de superficie o representaciones en 3D de la costura de soldadura mediante exploración en forma de trama. De esta manera, se puede medir o valorar, por ejemplo, también la ondulación de la costura de soldadura.

5 En otra variante de la invención, se activa una alarma para un defecto en el circuito de corriente o en un sistema de accionamiento del alambre de soldadura 30 (en este caso esencialmente compuesto por dos rodillos 32 y el segundo control de accionamiento 33), cuando no se detecta un flujo de corriente, aunque esto sería de esperar a partir de la posición del cabezal de soldadura 29 o del alambre de soldadura 30 y de las coordenadas de la pieza de trabajo. Esta problemática se presenta sobre todo cuando la forma de la pieza de trabajo 31 y su posición relativamente a la base de robot 27 es conocida (por ejemplo, en la supervisión de una secuencia de movimiento ya guardada). Si se aproxima la punta del alambre de soldadura 30, supuesta por el control de robot, a la superficie de la pieza de trabajo 31 sin que se produzca un flujo de corriente, entonces es que no coincide el escenario supuesto por el control de robot con la realidad.

15 Esto puede deberse a varias razones: Por ejemplo, puede estar colocada otra pieza de trabajo 31 distinta a la esperada sobre la superficie de mecanización. También puede estar defectuoso un control de robot o el primer sistema de accionamiento, de tal modo que el cabezal de soldadura 29 realmente se encuentre en un lugar distinto del que ha supuesto el control de robot. Lo mismo se cumple para el segundo sistema de accionamiento (en este caso los rodillos 32 y su control 33). Por ejemplo, el alambre de soldadura 30 puede haberse escurrido entre los rodillos 32, de tal modo que la longitud real 1 no se corresponde con la longitud esperada. También puede estar defectuosa la fuente de tensión/corriente 34 o el amperímetro/agente de detección 35. Otra posibilidad sería también que el alambre de soldadura 30 se haya derretido sin que esto haya sido detectado y la punta del mismo se encuentre realmente en un lugar distinto del esperado. Esto puede suceder, por ejemplo, si la fuente de tensión/corriente 34 está ajustada demasiado elevada, por ejemplo, porque haya sido ajustada equivocadamente a un alambre de soldadura 30 más grueso que el que se está utilizando realmente.

25 Para que no se active la alarma con la más mínima irregularidad, también se puede tener en cuenta en la activación de una alarma un valor de tolerancia. Este puede estar dimensionado en una longitud, por ejemplo, algunas décimas de milímetro, o -si se presupone un movimiento del cabezal de soldadura 29 y/o del alambre de soldadura 30- también en un periodo de tiempo, por ejemplo, algunas décimas de segundo.

30 La invención se ha explicado hasta el momento en el contexto con un alambre de soldadura 9 o alambre de soldadura 30. Por supuesto, la invención puede aplicarse también, sin embargo, sin limitaciones a otros agentes de soldadura alojados de manera móvil, por ejemplo, electrodos de soldadura, si bien esto a primera vista parece lejano a la práctica.

35 Sea señalado, además, que el robot de soldadura 26 también puede presentar otra forma constructiva. Por ejemplo, este puede estar realizado como robot de pórtico. En lugar de rodillos 32, puede estar previsto otro accionamiento para el alambre de soldadura 30. Asimismo, en lugar de un amperímetro 35, puede emplearse un comparador u otro circuito de procesamiento para la detección de un flujo de corriente. La fuente de tensión/corriente 34, además, puede tener cualquier característica de tensión/corriente. Ventajosamente, la fuente de tensión/corriente 34 está constituida por la fuente de corriente/tensión de soldadura 1 utilizada para soldar, que se ajusta correspondientemente para la generación de la tensión de ensayo. Sin embargo, también puede emplearse por 40 supuesto una fuente de tensión/corriente 34 separada.

Esencial es que, para el aprendizaje de un robot de soldadura, en el que se fija y guarda una posición por medio de una secuencia de movimientos controlada manualmente, se realizan las siguientes etapas/procesos:

- extracción de un alambre de soldadura 30/alambre de soldadura 9 alojado de manera móvil de un cabezal de soldadura 29/soplete de soldadura 7 a una longitud que se puede predefinir y
- 45 - desplazamiento del cabezal de soldadura 29/soplete de soldadura 7 a una posición en una pieza de trabajo 14, 31 con abastecimiento de corriente desactivada del cabezal de soldadura 29/soplete de soldadura 7 por medio del aparato de soldadura 1, y que tras el posicionamiento en la posición se inicia un denominado procedimiento de detección «wire-touch» en el aparato de soldadura en el que, entre el alambre de soldadura 30/alambre de soldadura 9 y la pieza de trabajo 14, 31, se aplica una tensión de ensayo y, a continuación, se prosigue el proceso manual de posicionamiento con el cabezal de soldadura 29/soplete de soldadura 7, haciéndose retroceder, en caso de detección de un flujo de corriente entre alambre de soldadura 9, 30 y pieza de trabajo 14, 31, el alambre de soldadura 9, 30 para la interrupción del flujo de corriente. Preferentemente, tras la interrupción, el alambre de soldadura 9, 30 es desplazado nuevamente a la pieza de trabajo 14, 31 o a la longitud 1 que se puede predefinir. Al ser ajustado el cabezal de soldadura 29/ soplete de soldadura 7, el alambre de soldadura 9, 30 es movido repetidamente, hasta que se alcanza la longitud 1, hacia la pieza de trabajo 14, 31 y retrocediendo de la pieza de trabajo 14, 31, es decir, que se explora el contorno de la pieza de trabajo 14, 31.

En las figuras 12 a 13 se representa de manera simplificada en forma de un diagrama de flujo un proceso para el cálculo automático de una posición central de un cordón de soldadura. Los procesos, procedimientos de control, funciones, etc., indicados en los bloques funcionales individuales sirven para el diseño/programación por parte del

experto, efectuándose la programación de manera diferente en correspondencia con el robot de soldadura 26 empleado y el aparato de soldadura 1 y, por tanto, no describiéndose con detalle. El experto está en condiciones de crear a partir de los bloques funcionales indicados secuencias de programa relacionadas, de tal modo que el robot de soldadura 26 y el aparato de soldadura 1 realicen correspondientes secuencias/tareas.

5 Sin embargo, para que se pueda realizar una secuencia automática de este tipo, es ventajoso si, antes del comienzo, son configurados/indicados antes del comienzo algunos parámetros por parte del operario. A este respecto, pueden abrirse en el aparato de soldadura 1 y/o el robot de soldadura 26 correspondientes menús de entrada. En particular es ventajoso si se selecciona/configura el tipo de costura, es decir, por ejemplo, una soldadura en ángulo, costura a tope, costura solapada, etc., dado que las secuencias están adaptadas para los más variados tipos de costura. A continuación, se describe una secuencia para una soldadura en ángulo, sobre cuya base es posible para el experto poder crear otras secuencias para los demás tipos de costura o adaptar esta.

10 En el comienzo 41, el soplete de soldadura 7 se posiciona por medio del robot de soldadura 26 en la pieza de trabajo 14. Esto puede ser realizado por el operario manualmente o automáticamente por medio de la programación del robot de soldadura 26, efectuándose preferentemente primero un posicionamiento manual aproximado del soplete de soldadura 7. A continuación, se inicia un "procedimiento wire-touch" 42 en el que se abre un subprograma de acuerdo con la figura 13, que se describe más tarde con más detalle. Si ya se ha realizado el posicionamiento aproximado del soplete de soldadura 7 manualmente, este procedimiento debería ser iniciado también manualmente por el operario, siendo posible, por el contrario, en caso de un posicionamiento aproximado automático, también un inicio automático de este procedimiento.

20 Después, puede efectuarse una corrección de la posición de soplete de soldadura 43 y/o una adaptación de ángulo sobre la base de un stickout 1 posiblemente definido de este, siguiéndose una consulta automática 44 que abre un bucle, de tal modo que se sigue corrigiendo hasta que se alcanza la posición correcta. Si la posición ajustada se corresponde con una posición predefinida/preprogramada o el operario acepta esta manualmente, la consulta automática 44 se responde con "sí", tras lo cual se detiene el movimiento del cabezal de soldadura 45. A continuación, se abre un submenú "stickout autoaprendizaje" 46 en el que el operario debe decidir cómo prosigue el procedimiento. A este respecto, hay dos posibilidades; "pista autoaprendizaje" 47 o "punto sencillo autoaprendizaje" 48. En este sentido es posible que la secuencia de la consulta sea interrumpida y se solicite al operario que efectúe una correspondiente selección, o que esto ya esté indicado antes del inicio por parte del operario.

30 Si el operario se ha decidido por "pista autoaprendizaje" 47, se prosigue con la secuencia de programa del lado derecho. A este respecto, se activa la "diferencia trayecto detección" 49, tras lo cual se inicia/abre de nuevo el subprograma "alta velocidad wire-touch" 42. Paralelamente a ello, se procesan consecutivamente las funciones 50 a 56:

- recorrido de una pista de robot con un inicio predefinido y un punto final, realizándose un movimiento pendular predefinido transversalmente a la costura 50;
- 35 - en secciones de trayecto predefinidas se efectúa el cálculo 51, en el que
- se calcula la divergencia media a partir de la diferencia de las posiciones relativas del extremo de alambre en los puntos de giro de un periodo pendular 52;
- corrección del parámetro de posición - punta de quemador se posiciona centralmente 53;
- 40 - cálculo de la divergencia de altura a partir de la diferencia de la longitud de alambre actual y referencia de stickout en posición central 54;
- corrección de la posición de altura 55;
- guardado de los datos de posición corregidos 56.

Después de que se hayan realizado todas las secuencias, se efectúa un cotejo "posición final alcanzada" 57 sí/no. Si se ha alcanzado la posición final, se finaliza la secuencia después de seleccionar la función "fin" 58, por el contrario, si no se ha alcanzado, se abre la función "siguiente sección de trayecto" 59 y, a continuación, se retrocede a la función 51. Este procedimiento se repite hasta que se han alcanzado todas las secciones de trayecto y, por tanto, la posición final.

50 Si el operario ha seleccionado, por el contrario, en el subprograma "inicio stickout autoaprendizaje" 46 la función "punto sencillo autoaprendizaje" 48, se abre y procesa la secuencia de funciones de la columna de la izquierda. En esta función se realiza automáticamente la averiguación/cálculo del centro de costura, siendo realizado manualmente por el operario, sin embargo, el control de la secuencia de movimiento, es decir, a la izquierda o la derecha, hacia delante o atrás del soplete de soldadura 7, como también en las figuras descritas anteriormente, siendo realizado, por el contrario, en la secuencia anteriormente descrita de la «pista autoaprendizaje» 47, el control del movimiento de quemador de manera automática por el robot de soldadura 26.

55 A este respecto, se abre la función 60 "etapa 1 buscar centro de costura (soldadura en ángulo)", a la que siguen las funciones "boquilla de gas detección touch ON" 61 y "diferencia trayecto detección activa" 62 cuando se ha seleccionado esta configuración básica. En la función 61 se abre la rutina de consulta "touch boquilla" 63 en la que se supervisa el contacto de la boquilla de gas con la pieza de trabajo 14, de tal modo que el operario puede ajustar manualmente el soplete de soldadura 7, procesándose paralelamente para ello la función 62, como se describe más

tarde. Si la boquilla de gas 7 toca la pieza de trabajo 14, la consulta lo detecta y salta a la función "parada robot" 64, si, por el contrario, tras un movimiento del soplete de soldadura 7, no se produce ningún contacto, se repite el bucle para la consulta. Esta función cumple, por tanto, la función de una detección de colisión, se ejecuta en un segundo plano paralelamente a otras funciones y puede ser activada o desactivada discrecionalmente por el operario.

- 5 En la función 62, es decir, "diferencia trayecto detección", se activa el subprograma "alta velocidad detección wire-touch" 42 tras lo cual el operario puede mover el soplete de soldadura 7 y esto es supervisado.

Dado que en una secuencia de movimiento manual el robot de soldadura 26 y/o el aparato de soldadura 1 y/o el control debe detectar primero la dirección en la que controla el operario, deben ejecutarse algunas funciones de supervisión/evaluación.

- 10 Para ello, se ejecutan las funciones 65 a 73, en las que se supervisa la longitud de stickout 1 de tal modo que sobre la base de su variación se puede deducir la dirección del movimiento de robot, incluyendo las funciones individuales las siguientes tareas:

- "movimiento de la punta de quemador en cualquier dirección transversalmente a la costura" 65
- "stickout menor" 66, en caso afirmativo
- 15 - "cambio de stickout > 5mm" 67, en caso afirmativo
- "parada movimiento punta de soplete" 68
- "activa guardado de la posición relativa alambre y datos de posición robot en sección de trayecto definida de la pista de robot" 69
- movimiento de la punta de quemador en dirección contraria transversalmente a la costura 70
- 20 - "stickout menor" 71, en caso afirmativo
- "cambio de stickout > 5mm" 72, en caso afirmativo
- "parada movimiento punta de quemador" 73

- 25 Mediante esta secuencia, el soplete de soldadura 7 se ha desplazado desde un punto de partida una vez transversalmente sobre la costura que debe realizarse más tarde, supervisándose y guardándose al respecto la longitud de stickout 1.

- Después de que se haya realizado una secuencia de movimiento de este tipo, deben evaluarse los datos, para lo cual se ejecuta la función 74 "evaluación de los datos" para detectar longitud de alambre máxima (=centro costura). Para ello, se realiza la función 75 "guardado temporal" de los datos de posición correspondientes al centro de costura como punto de programa en el robot -y ejecución de la función 76 "movimiento de la punta de quemador hacia posición guardada temporalmente". Con ello, el soplete de soldadura 7 se posiciona en el centro de la soldadura en ángulo planeada, de tal modo que ahora se puede calcular la altura correcta, para lo que se abre la función "etapa 2 ajustar altura" 77. A este respecto, se realizan las funciones 78 a 80, tras lo cual el quemador se posiciona a la altura correcta y centralmente y el programa se cierra con fin 81. Las funciones 78 a 80 incluyen:

- 35 - determinación de la dirección de movimiento requerida de la punta de quemador a partir de la diferencia de la longitud de alambre actual y referencia de stickout 78;
- movimiento en correspondiente dirección hasta dirección = 0;
- grabación definitiva de los datos de posición como punto de programa de robot.

Con ello se cierra una detección automática de punto central y se guarda la correspondiente posición, tras lo cual se puede pasar a la siguiente posición y se puede calcular otra vez una nueva posición en otra sección.

- 40 Sin embargo, para que el alambre de soldadura 9 no se doble al hacer contacto con la pieza de trabajo 14, es necesario que el denominado "procedimiento de detección "wire-touch"", en el que se detecta el contacto y el alambre de soldadura 9 es retraído como se ha explicado en las figuras anteriormente descritas, esté activado. Esto se ejecuta con el subprograma 42a, 42b, 42c procedimiento de detección "wire-touch", como se representa con detalle en la figura 13. Tras activar esta parte de programa, las funciones individuales están activas al menos de
- 45 manera parcial paralelamente a las secuencias descritas en la figura 12. Por lo común, el operario puede guardar a este respecto correspondientes ajustes previos o introducirlos de nuevo antes de cada procedimiento de aprendizaje.

- Tras abrirse la función "inicio stickout autoaprendizaje" 42a, se abre la "activación fuente de tensión de detector de contacto" 82 y se inicia la función "avance de alambre hacia delante" 83, por medio de lo cual la fuente de corriente 34 se aplica al alambre de soldadura 9 y la pieza de trabajo 14 y el alambre de soldadura 9 es transportado hacia la pieza de trabajo 14. Para la detección de un cortocircuito, a continuación, se activa una consulta 84 "alambre toca pieza de trabajo", saltándose de nuevo a la función 83 cuando no se produce cortocircuito, es decir, que el alambre de soldadura 9 es transportado hasta el contacto con la pieza de trabajo 14, dado que, de lo contrario, no se puede salir de este bucle. Si el alambre de soldadura 9 toca la pieza de trabajo, se obtiene en la pregunta 84 un "sí", de tal modo que se salta a la función 85 "avance de alambre hacia atrás", de tal modo que ahora el alambre de soldadura 9 de la pieza de trabajo 14 es retraído para interrumpir el cortocircuito. Esto puede detectarse de nuevo por medio de una consulta 86 "alambre toca pieza de trabajo", abriéndose al seleccionarse "no" la función "parada avance de alambre" y una "grabación de la posición de stickout (referencia)" 87 y el submenú 42a se cierra con la función 88

"Fin de ajuste de referencia de stickout".

5 Por el contrario, si se abre en el programa principal el submenú 42b "alta velocidad wire-touch marcha atrás", se inicia de nuevo una secuencia similar como anteriormente para el submenú 42a. Ahora se activa a su vez con la función 89 "activación fuente de tensión de detector de contacto" la fuente de corriente 34. Tras ello se inicia inmediatamente una consulta 90 "alambre toca pieza de trabajo", de tal modo que, en el ajuste manual del soplete de soldadura 7, el operario puede reconocer un contacto. Si no se presenta ningún contacto, se vuelve de nuevo atrás en la consulta, por el contrario, en caso de contacto, es decir, en caso de "sí", se abre e inicia la función 91 "avance de alambre hacia atrás", de tal modo que el alambre de soldadura 9 es retirado inmediatamente de la pieza de trabajo 14. Para que se detecte la supresión del cortocircuito o, mejor dicho, el levantamiento del alambre de soldadura 9 de la pieza de trabajo 14, se inicia de nuevo una consulta 92. A continuación, se ejecuta la función 93 "parada avance de alambre" para finalizar el movimiento de retroceso del alambre de soldadura 9, tras lo cual se prosigue con la consulta 90, de tal modo que se obtiene un circuito correspondiente y, con cada contacto, el alambre de soldadura 7 es retraído y, por tanto, no puede doblarse. Mediante el retroceso a la consulta 90, se garantiza que, en el caso de subsiguiente ajuste manual del soplete de soldadura 7 y un contacto repetido, este se detecte y se suprime de nuevo.

20 Si, por el contrario, se abre el submenú 42c, se inicia un procedimiento de detección en el que el alambre de soldadura 9 puede ser guiado sobre el contorno de la pieza de trabajo 14, es decir, que el alambre de soldadura 9 es movido una y otra vez hacia la pieza de trabajo 14 para el contacto. La detección se inicia con la función 94 «activación fuente de tensión de detector de contacto», dado que de esta manera se aplica la fuente de corriente 34 a la pieza de trabajo 14 y el alambre de soldadura 9. Tras ello, se efectúa una consulta 95 "alambre toca pieza de trabajo", en la que, en el caso de un contacto, es decir, un "sí", se activa la función 96 "avance de alambre hacia atrás" para realizar el retroceso y suprimir el contacto. Este se supervisa de nuevo con una consulta 97 "alambre toca pieza de trabajo", tras lo cual, cuando se ha llevado el alambre de soldadura 9 de la pieza de trabajo 14, es decir, en caso de "no", se abre la función 98 "avance de alambre hacia delante" y, con ello, el alambre de soldadura 9 se desplaza de nuevo hacia la pieza de trabajo 14. Para que se detecte el nuevo cortocircuito o el contacto, se salta de la función 98 a la consulta 95, de tal modo que se obtiene un circuito cerrado.

30 Además, para el posicionamiento del alambre de soldadura 9 es posible que se ejecute una referenciación, por ejemplo, tras 5 ciclos, de tal modo que se pueda corregir la posible aparición de un deslizamiento del alambre de soldadura. Para ello, se puede extraer, por ejemplo, el alambre de soldadura 2 cm, solicitándose a continuación al operario que corte este en el tubo de contacto, de tal modo que se dé un punto definido.

35 Los ejemplos de realización muestran posibles variantes de realización de un robot de soldadura 26 de acuerdo con la invención, siendo necesario indicar en este punto que la invención no se limita a las variantes de realización de la misma representadas en especial, sino que más bien son posibles también diversas combinaciones de las variantes de realización individuales entre sí y esta posibilidad de variación se basa, a partir de la enseñanza de la acción técnica mediante la invención figurativa, en la capacidad del experto en la materia que trabaja en este campo técnico. Por tanto, están comprendidas en el margen de protección también todas las variantes de realización concebibles que son posibles mediante combinaciones de detalles individuales de las variantes representadas y descritas.

40 Además, la invención descrita no solo es apropiada para el procedimiento "teach-in", sino también para otros procedimientos de programación, por ejemplo, el procedimiento playback, la programación offline, la programación con soporte de CAD y la programación acústica. La invención se puede aplicar a este respecto a todos los tipos de robot de soldadura e instalaciones de soldadura. Variantes divulgadas para robots de soldadura y sus ventajas se refieren también a instalaciones de soldadura y viceversa.

45 Por razones de orden, sea señalado finalmente que, para un mejor entendimiento de la estructura del robot de soldadura 26, este o sus partes constituyentes se han representado sin escala y/o aumentadas y/o reducidas.

El objetivo en el que se basan las soluciones independientes de la invención puede desprenderse de la descripción.

#### Lista de referencias

- |                                  |   |                                    |
|----------------------------------|---|------------------------------------|
| 1 Aparato de soldadura           | b | Anchura de la costura de soldadura |
| 2 Fuente de corriente            |   |                                    |
| 3 Unidad de potencia             |   |                                    |
| 4 Dispositivo de control         |   |                                    |
| 5 Gas                            |   |                                    |
| 6 Depósito de gas                |   |                                    |
| 7 Soplete de soldadura           |   |                                    |
| 8 Aparato para avance de alambre |   |                                    |



- 9 Alambre de soldadura
- 10 Tambor de almacenamiento
  
- 11 Carcasa
- 12 Carro de desplazamiento
- 13 Arco eléctrico
- 14 Pieza de trabajo
- 15 Aparato refrigerante
  
- 16 Recipiente de agua
- 17 Indicador de estado de llenado
- 18 Dispositivo de entrada y/o salida
- 19 Dispositivo de entrada y/o salida de soplete de soldadura
- 20 Pantalla de protección térmica
  
- 21 Paquete de cables
- 22 Protección contra dobladuras
- 23 Protección contra abrasión
- 24 Soporte opcional
- 25 Dispositivo de soporte
  
- 26 Robot de soldadura
- 27 Base de robot
- 28 Brazo robótico
- 29 Cabezal de soldadura
- 30 Alambre de soldadura
  
- 31 Pieza de trabajo
- 31a Primera parte de pieza de trabajo
- 31b Segunda parte de pieza de trabajo
- 32 Rodillo
- 33 Segundo control de accionamiento
  
- 34 Fuente de tensión/corriente
- 35 Amperímetro
- 36 Conmutador
- 37 Arco eléctrico
  - I Longitud a la que sobresale el medio de soldadura sobre el cabezal de soldadura

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el aprendizaje de un robot de soldadura (26) en el que se fija y guarda una posición por medio de un proceso de posicionamiento realizado manualmente, que comprende las etapas:

- 5 - extracción de un alambre de soldadura (9, 30), alojado de manera móvil, de un cabezal de soldadura (29), en particular de un soplete de soldadura (7), a una longitud (1) y
- movimiento del cabezal de soldadura (29) a una posición en una pieza de trabajo (14, 31), preferentemente con la alimentación de corriente del cabezal de soldadura (29) desactivada,

**caracterizado porque**

- 10 - tras el posicionamiento en la posición se inicia un denominado procedimiento de detección «wire-touch» en el aparato de soldadura en el que
- se aplica una tensión de ensayo entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) y,
- a continuación, se prosigue el proceso de posicionamiento manual con el cabezal de soldadura (29),
- 15 - **caracterizado porque**, al detectarse un flujo de corriente entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) o una caída de la tensión de ensayo, se hace retroceder el alambre de soldadura (9, 30) para la interrupción del flujo de corriente.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se mueve el alambre de soldadura (9, 30) tras la interrupción de nuevo a la pieza de trabajo (14, 31) o a una longitud (1) que se puede predefinir.

3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, en el que se mueve el alambre de soldadura (9, 30) al ser ajustado el cabezal de soldadura (29) repetidamente a la pieza de trabajo (14, 31) y retrocediendo desde la pieza de trabajo (14, 31), es decir, explorando el contorno de la pieza de trabajo (14, 31) hasta que no se haya alcanzado la longitud (1).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, seleccionándose la velocidad de transporte de retroceso del alambre de soldadura (9, 30) de tal modo que siempre sea mayor que la velocidad del movimiento de avance del soplete de soldadura (7) controlado manualmente.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, limitando la fuente de corriente (34) la cantidad de energía de tal manera que, en caso de un cortocircuito, no se produzca fusión del alambre de soldadura (9, 30) ni de la pieza de trabajo (14, 31), detectándose, sin embargo, el contacto de ambos lo más rápido posible, permaneciendo desactivadas, sin embargo, las demás funciones de supervisión, control y regulación para el verdadero procedimiento de soldadura como, por ejemplo, la disolución de cortocircuito, el transporte de alambre, la alimentación de gas protector, el circuito refrigerante, etc., del aparato de soldadura (1).

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, correspondiéndose la distancia entre el cabezal de soldadura (29) y la pieza de trabajo (14, 31) después durante la soldadura a la distancia cuando el alambre de soldadura (9, 30), extraído la longitud (1) que se puede predefinir, toca la pieza de trabajo (31).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, siendo extraído el alambre de soldadura (9, 30) tras el inicio del procedimiento de detección "wire-touch" hasta que se detecta un flujo de corriente.

8. Procedimiento para el aprendizaje/ensayo de una secuencia de movimiento del robot de soldadura (26) según la reivindicación 7, que comprende las siguientes etapas:

- 40 a) aplicación de la tensión de ensayo entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) mediante activación del procedimiento de detección «wire-touch»,
- b) movimiento del cabezal de soldadura (29) a lo largo de la mencionada secuencia de movimiento en la pieza de trabajo (14, 31),
- c) extracción del alambre de soldadura (9, 30), alojado de manera móvil, del cabezal de soldadura (29) hasta que se detecta un flujo de corriente en el circuito de corriente en el que se encuentran el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31), y
- 45 d) retroceso del alambre de soldadura (9, 30) en un trayecto de retroceso que se puede predefinir y repetición de las etapas a) a d).

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, midiéndose la longitud (1) en que es extraído y/o recogido el alambre de soldadura (9, 30) del cabezal de soldadura (29), en particular se mide manualmente, o ajustándose por medio de un equipo de entrada y/o salida o definiéndose mediante el contacto con la pieza de trabajo (14, 31).

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, estando dimensionada la tensión de ensayo, o el flujo de corriente resultante de ello, de menor magnitud que una tensión necesaria para la formación de un arco eléctrico (37)/una corriente necesaria para la formación de un arco eléctrico (37).

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, estando dimensionadas la tensión de ensayo, o el flujo de corriente resultante de ello, de menor magnitud que una tensión necesaria para el derretimiento del alambre de

soldadura (9, 30)/una corriente necesaria para el derretimiento del alambre de soldadura (9, 30).

12. Procedimiento según la reivindicación 11, estando dimensionada la tensión de ensayo, o el flujo de corriente resultante de ello, de mayor magnitud que una tensión necesaria para la formación de un arco eléctrico (37)/una corriente necesaria para la formación de un arco eléctrico (37), pero de menor magnitud que una tensión necesaria para el derretimiento del alambre de soldadura (9, 30)/una corriente necesaria para el derretimiento del alambre de soldadura (9, 30).

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que

- el cabezal de soldadura (29) se mueve en la zona de una costura de soldadura, terminada o que debe realizarse, transversalmente a su avance,
- la posición del cabezal de soldadura (29) y opcionalmente del alambre de soldadura (9, 30) se guardan o se calculan cuando se detecta un flujo de corriente en el mencionado circuito de corriente o una caída de la tensión de ensayo, y
- se calcula a partir de varias posiciones guardadas o calculadas la anchura (b)/la altura de la costura de soldadura y/o la posición del cabezal de soldadura (29) o del alambre de soldadura (9, 30) con relación a la costura de soldadura.

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, calculándose en la evaluación del transporte de alambre de soldadura el «stickout» más largo (1) que se corresponde con la posición central de la costura de soldadura.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 14, desencadenándose una alarma si no se detecta un flujo de corriente o una caída de tensión, aunque esto debería de esperarse por la posición del cabezal de soldadura (29) o del alambre de soldadura (9, 30) y de las coordenadas de la pieza de trabajo.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 15, en el que:

- se aplica, entre una parte eléctricamente conductora del cabezal de soldadura (29) y la pieza de trabajo (14, 31), una tensión de ensayo y
- se para o se hace retroceder el cabezal de soldadura (29) cuando en un circuito de corriente, en el que se encuentran la mencionada parte conductora y la pieza de trabajo (14, 31), se detecta un flujo de corriente o una caída de la tensión de ensayo.

17. Control para el aprendizaje de un robot de soldadura, en el que se fija y guarda una posición por medio de un proceso de posicionamiento realizado manualmente, que comprende:

- una primera salida para el control de un primer sistema de accionamiento que está preparado para el desplazamiento del cabezal de soldadura (29) a una posición en una pieza de trabajo (14, 31), preferentemente con la alimentación de corriente desactivada del cabezal de soldadura (29),
- una segunda salida para el control de un segundo sistema de accionamiento (32) que está preparado para la extracción de un alambre de soldadura (9, 30), alojado de manera móvil, de un cabezal de soldadura (29), en particular del soplete de soldadura (7), una longitud (1),
- comprendiendo el control un equipo de detección (35) para la detección de un flujo de corriente en un circuito de corriente y agentes para el inicio de un denominado procedimiento de detección "wire-touch" tras el posicionamiento en la posición, estando diseñado el procedimiento de detección "wire-touch" para aplicar entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) una tensión de ensayo, y, a continuación, proseguir el proceso de posicionamiento manual con el cabezal de soldadura y **caracterizado porque**
- el control está diseñado para, en caso de detección de un flujo de corriente entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) o una caída de la tensión de ensayo, emitir una orden por medio de la segunda salida que provoque el retroceso del alambre de soldadura (9, 30) para la interrupción del flujo de corriente.

18. Instalación de soldadura, que comprende un aparato de soldadura (1) y un robot de soldadura (26) que están acoplados entre sí por medio de cables, en particular un sistema de bus, y un soplete de soldadura (7) fijado en el robot de soldadura (26), en particular en el último eje del robot de soldadura, siendo guiado el soplete de soldadura (7) por el robot de soldadura (26) a lo largo de una pista predefinida y efectuándose el control/la regulación del proceso de soldadura realizado a este respecto por parte del aparato de soldadura (1),

**caracterizada porque**

un control según la reivindicación 17 controla la instalación de tal modo que, antes de la realización de un proceso de soldadura, se realiza un proceso de aprendizaje controlado manualmente en el que se fija y guarda una posición por medio de una secuencia de movimientos accionada manualmente y que comprende las siguientes etapas:

- extracción de un alambre de soldadura (9, 30), alojado de manera móvil, de un cabezal de soldadura (29) en una longitud (1) que se puede predefinir y
- desplazamiento del cabezal de soldadura (29) a una posición en una pieza de trabajo (14, 31) con la alimentación de corriente desactivada del cabezal de soldadura (29),
- inicio de un proceso de aprendizaje en el aparato de soldadura (1) tras el posicionamiento en la posición, en el que

- se aplica una tensión de ensayo entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) y,
- a continuación, se realiza la secuencia de movimiento manual con el cabezal de soldadura (29),
- haciéndose retroceder el alambre de soldadura (9, 30) para suprimir el flujo de corriente en caso de detección de un flujo de corriente entre alambre de soldadura (9, 30) y pieza de trabajo (14, 31) o en caso de caída de la tensión de ensayo y
- 5 - siendo desplazado el alambre de soldadura (9, 30), tras la liberación, a la pieza de trabajo (14, 31) o a una longitud (1) que se puede predefinir, y porque
- el alambre de soldadura (9, 30) sigue siendo movido, mientras no se haya alcanzado la longitud (1), repetidamente avanzando hacia la pieza de trabajo (14, 31) y retrocediendo desde la pieza de trabajo (14, 31) a lo largo del contorno de la pieza de trabajo (14, 31).
- 10

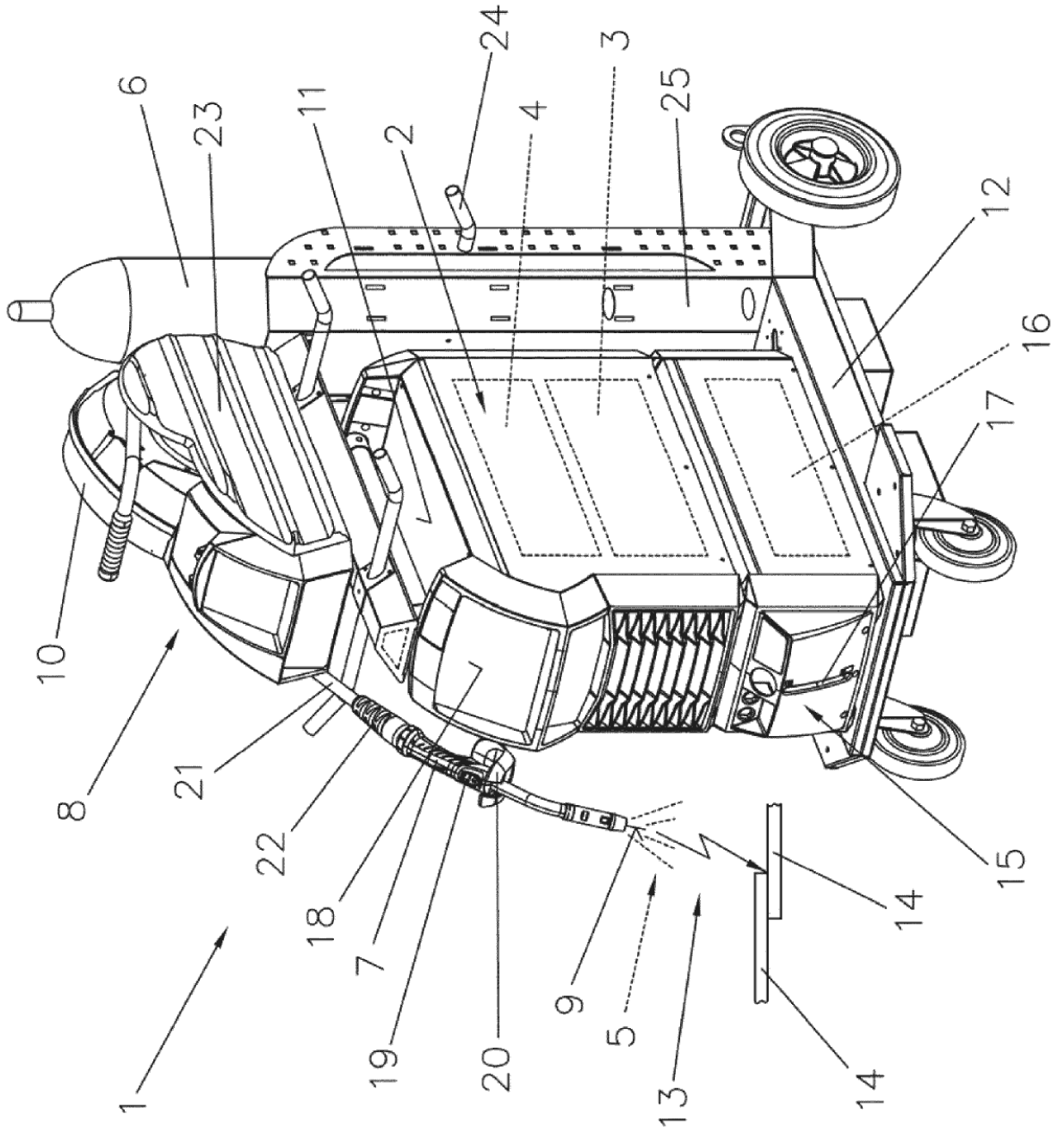
19. Instalación de soldadura según la reivindicación 18, **caracterizado porque** se realiza un cálculo automático de la posición central de un cordón de soldadura en el que el soplete de soldadura (7) es desplazado por el robot de soldadura (26) transversalmente al cordón de soldadura.

- 15 20. Instalación de soldadura según la reivindicación 19, **caracterizado porque** el alambre de soldadura (9, 30) es movido durante el movimiento del soplete de soldadura (7) transversalmente al cordón de soldadura, en particular transversalmente a una soldadura en ángulo, continuamente hacia la pieza de trabajo (14, 31) y de vuelta y, a continuación, se realiza una evaluación del transporte de alambre de soldadura.

- 20 21. Procedimiento para el posicionamiento automático de un cabezal de soldadura (29) en una pieza de trabajo (14, 31) en el que se realiza un desplazamiento a una posición preprogramada, en el que:

- tras el posicionamiento se inicia un denominado procedimiento de detección «wire-touch» en el aparato de soldadura en el que
- entre el alambre de soldadura (9, 30) y la pieza de trabajo (14, 31) se aplica una tensión de ensayo y el alambre de soldadura (9, 30) es transportado hacia la pieza de trabajo (14, 31) y, en caso de detección de un flujo de corriente entre alambre de soldadura (9, 30) y pieza de trabajo (14, 31), se hace retroceder el alambre de soldadura (9, 30) para interrumpir el flujo de corriente, y porque
- 25 - a continuación, se recorre una pista preprogramada que discurre preferentemente transversalmente al eje de costura de soldadura planeado y porque,
- al ajustar el cabezal de soldadura (29), el alambre de soldadura (9, 30) es movido repetidamente hacia la pieza de trabajo (14, 31) y retrocediendo desde la pieza de trabajo (14, 31), es decir, explorando el contorno de la pieza de trabajo (14, 31) y calculándose a partir de los valores de las longitudes de alambre transportadas una posición definida, en particular una posición central.
- 30

- 35 22. Procedimiento según la reivindicación 21, **caracterizado porque** se emplea un procedimiento según una o varias de las reivindicaciones 1 a 16 y un control según la reivindicación 17, así como la instalación de soldadura según una o varias de las reivindicaciones 18 a 20.



**Fig.1**

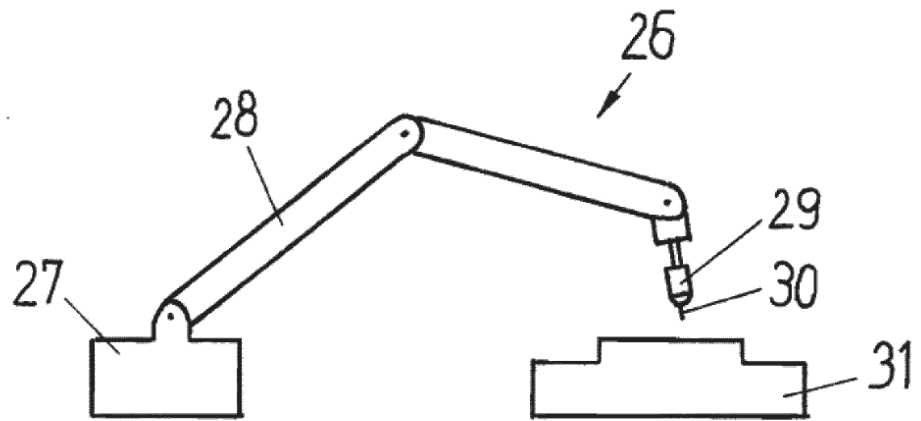


Fig. 2

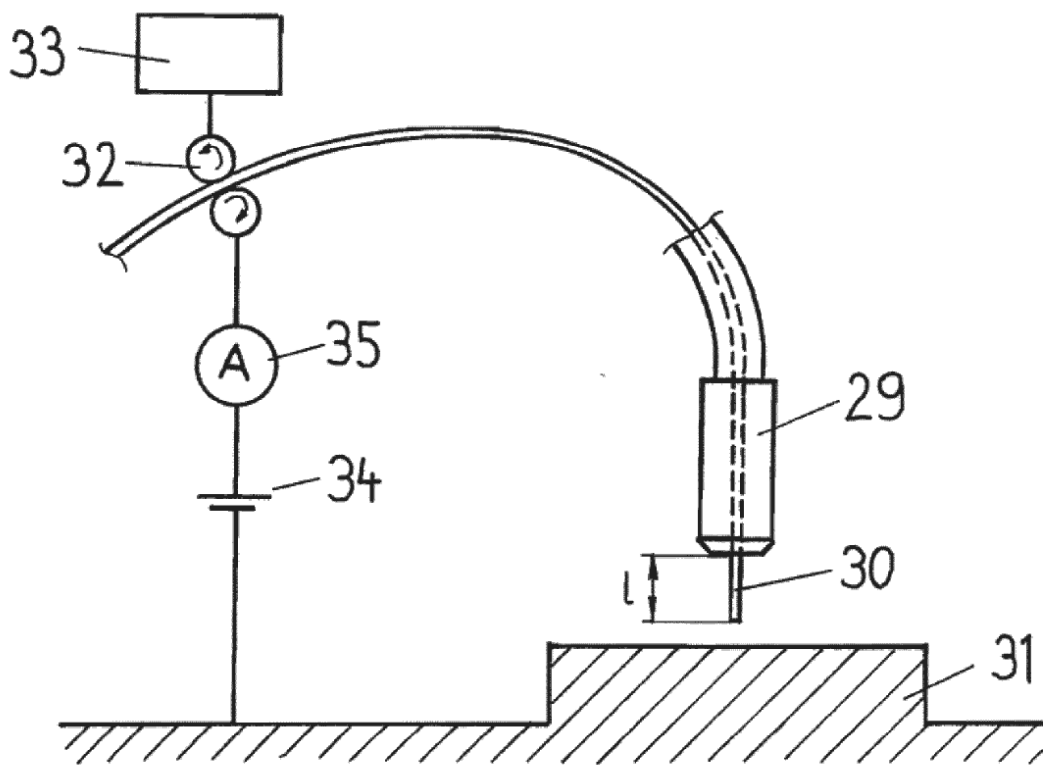
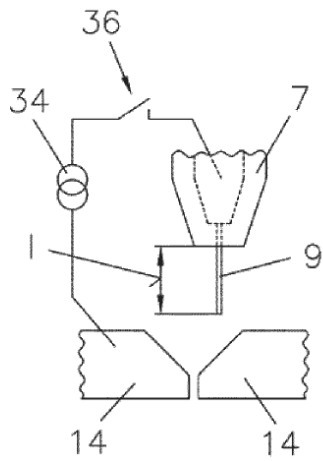
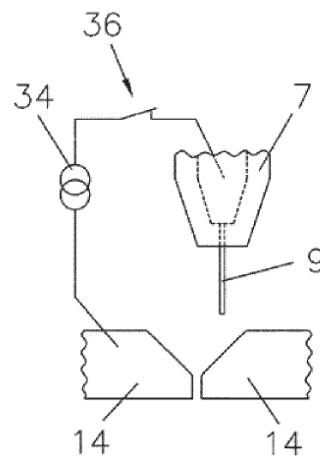


Fig. 3

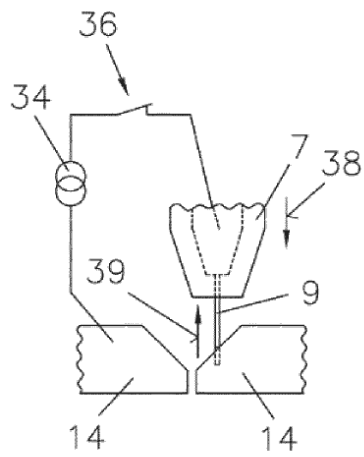
**Fig. 4**



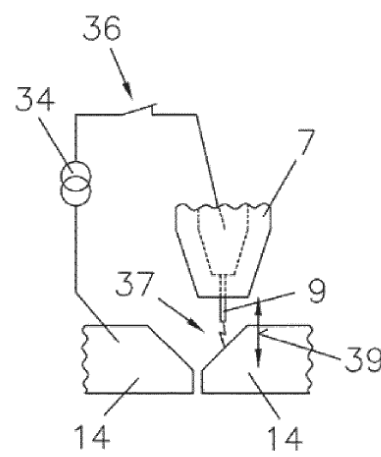
**Fig. 5**



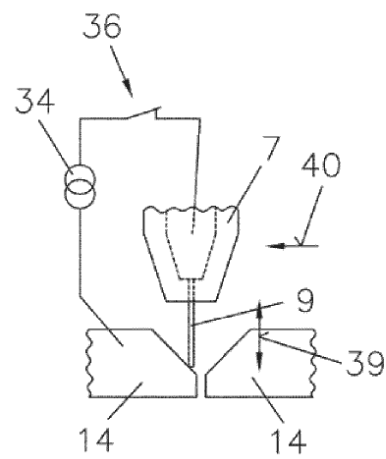
**Fig. 6**



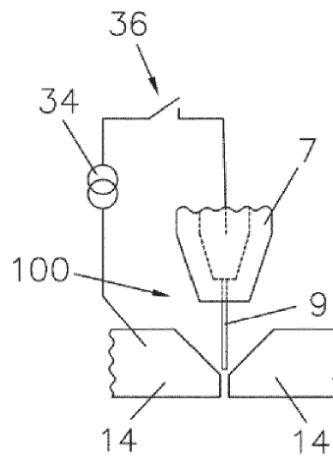
**Fig. 7**

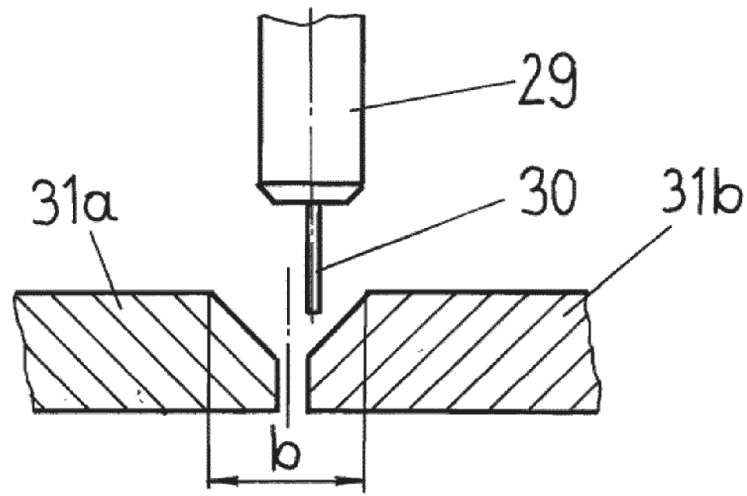


**Fig. 8**

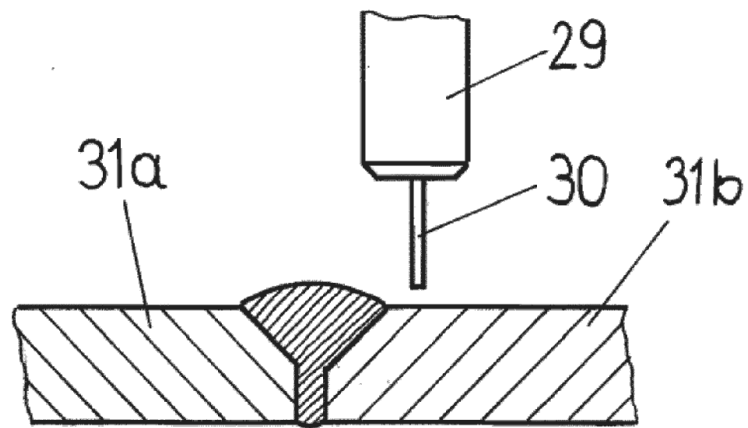


**Fig. 9**





**Fig. 10**



**Fig. 11**



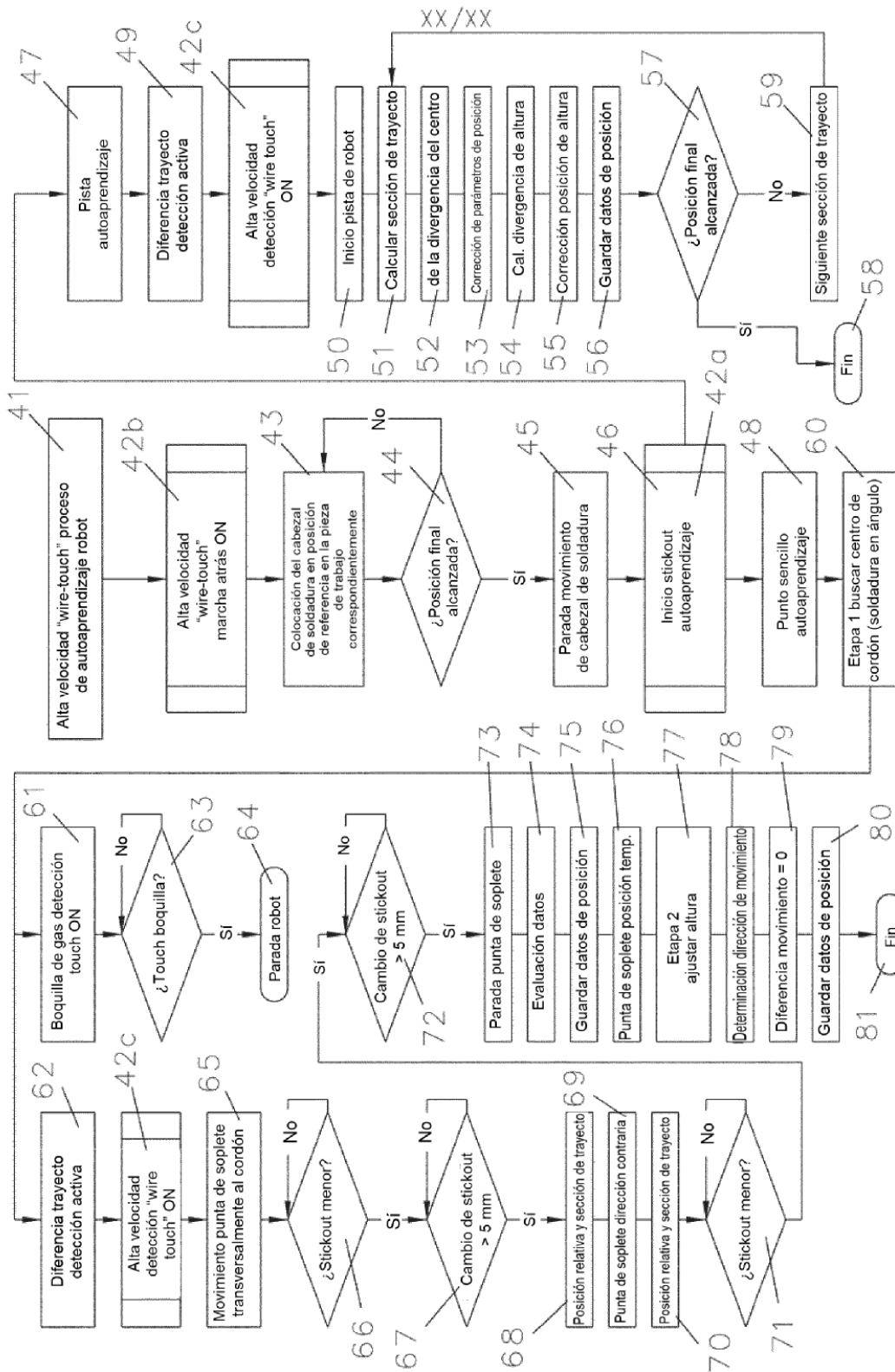


Fig. 12

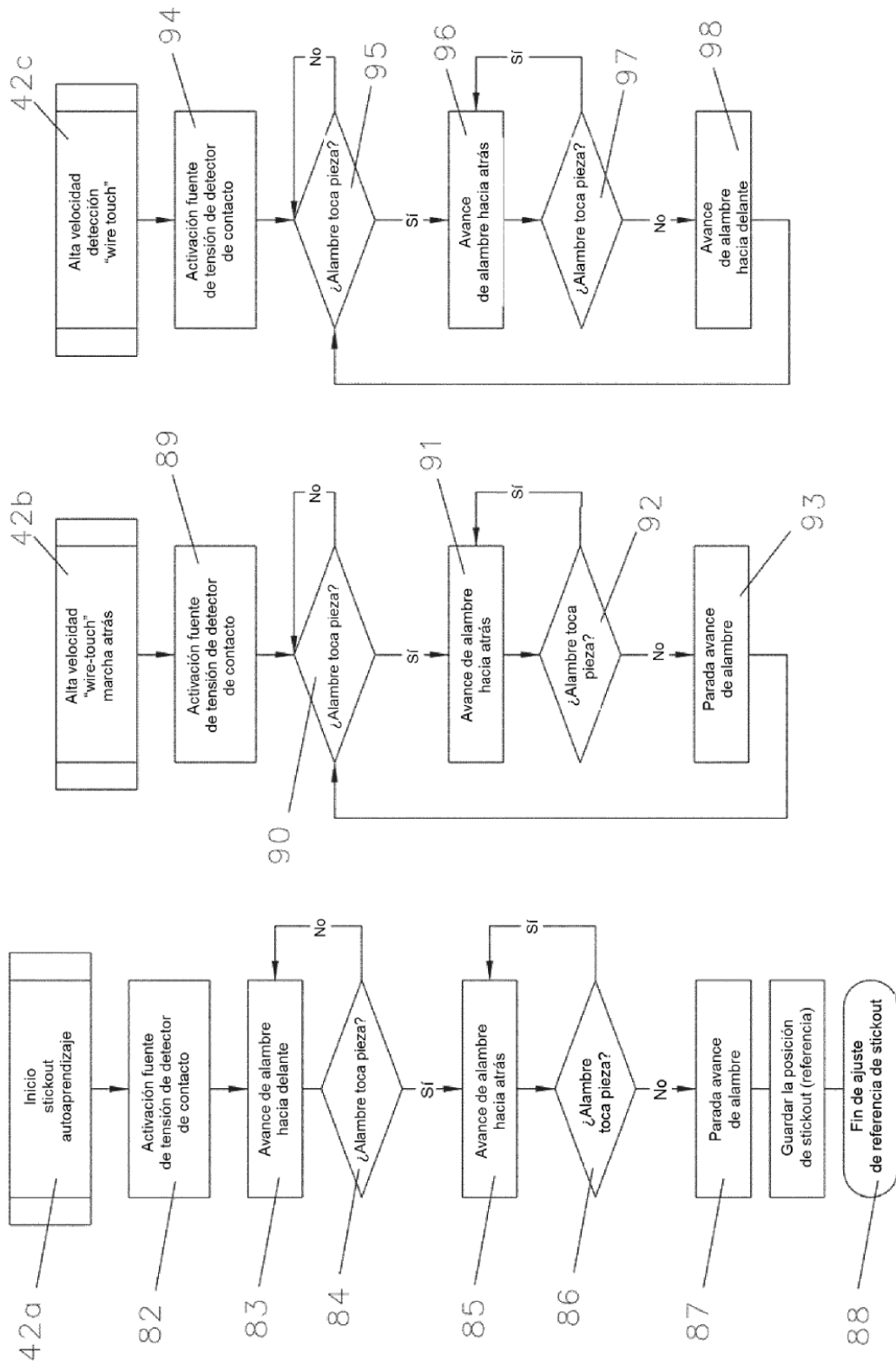


Fig. 13