

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 201**

51 Int. Cl.:

B23K 9/09 (2006.01)

B23K 9/073 (2006.01)

B23K 9/173 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2010 E 10191833 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 2359974**

54 Título: **Procedimiento de soldadura por arco y fuente de corriente de soldadura para realizar el procedimiento**

30 Prioridad:

18.02.2010 DE 102010002121

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

05.03.2020

73 Titular/es:

**LORCH SCHWEISSTECHNIK GMBH (100.0%)
Im Anwänder 24-26
71549 Auenwald, DE**

72 Inventor/es:

**JAESCHKE, BIRGER y
KNUF, FRANK**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 746 201 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 de soldadura por arco y fuente de corriente de soldadura para realizar el procedimiento

La presente invención se refiere a un procedimiento de soldadura por arco en el que se quema un arco eléctrico en una atmósfera de gas de protección entre una antorcha de soldadura alimentada continuamente a un electrodo de soldadura consumible y una pieza de trabajo y desde el electrodo de soldadura el material fundido pasa a un baño de fusión en la pieza de trabajo, en el que se suministra al electrodo de soldadura desde una fuente de corriente de soldadura una corriente de soldadura pulsante, la que tiene una fase de corriente de fondo, una fase de corriente de pulso así como una fase de corriente intermedia posterior a la fase de corriente de pulso.

Además, la presente invención se refiere a una fuente de corriente de soldadura para llevar a cabo el procedimiento de soldadura por arco mencionado anteriormente, en el que la fuente de corriente de soldadura tiene una parte de control y una parte de alimentación controlable por la parte de control, a cuya salida se puede conectar un electrodo de soldadura, en la que desde la parte de alimentación puede proporcionarse una corriente de soldadura pulsante, la que tiene una fase de corriente de fondo, una fase de corriente de pulso así como una fase de corriente intermedia posterior a la fase de corriente de pulso.

Los procedimientos de soldadura por arco en los que se quema un arco entre un electrodo de soldadura y una pieza de trabajo se conocen en diversas realizaciones. En la soldadura por arco metálico con gas, una antorcha de soldadura se suministra continuamente con un electrodo de soldadura, desde el cual el arco se quema en una atmósfera de gas protector para formar un baño de fusión de la pieza de trabajo. Como electrodo de soldadura suele usarse un electrodo de alambre. Debido al arco, el extremo del lado del arco del electrodo de soldadura se calienta tanto que licua y separa las gotas individuales que pasan al baño de fusión. La formación de gotas individuales se debe a la llamada soldadura por pulsos, en la que la corriente de soldadura aumenta considerablemente desde una fase de corriente de fondo con una amplitud de corriente de fondo relativamente baja en poco tiempo hasta una amplitud de corriente de pulso, que se mantiene durante una fase de corriente de pulso. Posteriormente, la corriente de soldadura se reduce de nuevo a la amplitud de corriente de fondo. El fuerte aumento de la amplitud de la corriente de pulso tiene como resultado que, del extremo licuado del electrodo de soldadura debido al llamado efecto de pellizco, se desprenden gotas, que se aceleran en la dirección del baño de fusión. Para lograr una soldadura de alta calidad, es ventajoso si en cada fase de corriente de pulso de la corriente de soldadura solo una gota se separa y se mueve hacia el baño de fusión. Al proporcionar una corriente de soldadura por pulsos, en la que la amplitud aumenta considerablemente desde una amplitud de corriente de fondo en un corto tiempo, y luego toma una amplitud de corriente de pulso durante un cierto tiempo y después vuelve a la amplitud de corriente fundamental, se puede generar una sola gota sin que se formen más gotas de manera descontrolada, lo que generalmente provocaría salpicaduras no dirigidas.

Cuando se aumenta la corriente de soldadura, se observa un fuerte aumento en la frecuencia de gota y, al mismo tiempo, una disminución significativa en el tamaño de gota por encima de una intensidad de corriente crítica. Se forma un llamado arco de pulverización, en el que se disuelve continuamente el material del electrodo de soldadura en forma de gotas muy pequeñas. El arco de pulverización tiene la ventaja de que en poco tiempo se puede eliminar una gran cantidad de material del electrodo de soldadura, por lo que se logra un alto nivel de absorción. Sin embargo, no siempre es posible evitar la formación de salpicaduras no dirigidas. Además, el arco de pulverización tiene una extensión de área relativamente grande y, a menudo, es difícil de controlar por parte del soldador. Además, una soldadura en condiciones difíciles por medio de un arco de pulverización generalmente no es posible.

A partir del documento DE 198 08 383 A1, se conoce un procedimiento de soldadura por arco en el que la corriente de soldadura, en una fase de corriente intermedia que sigue a la fase de corriente de pulso, se reduce a un valor de corriente específico, que es menor que la amplitud de corriente de pulso, pero mayor que la amplitud de corriente de fondo. Esto permite una soldadura de partes metálicas con poca salpicadura, especialmente piezas de magnesio.

La corriente de soldadura generalmente se regula constantemente en las fases de corriente individuales a diferentes valores de referencia de corriente, de modo que asume un valor constante tanto en la fase de corriente de fondo como en la fase de corriente de pulso y, además, también en la fase de corriente intermedia. El valor de referencia de corriente para la fase de corriente de pulso se puede adaptar de este modo a los requisitos para el desprendimiento de gotas con respecto al nivel de corriente y la duración de la corriente de pulso, de modo que se pueda lograr una alta fiabilidad del proceso con respecto al desprendimiento dirigido de una sola gota por fase de pulso.

También se conocen procedimientos de soldadura por arco en los que, en lugar de un cierto valor de referencia de corriente, se especifica un valor de referencia de voltaje específico para el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura. El valor instantáneo de la corriente de soldadura varía según la resistencia del arco. La resistencia del arco depende de la longitud del arco. En el caso de un arco más corto, la resistencia del arco es relativamente baja y, para un voltaje de salida definido, se produce una amplitud de corriente relativamente alta. Con un arco más largo, la resistencia del arco es mayor y establece una amplitud de corriente más baja. Una regulación con un valor de referencia de voltaje predeterminado permite el suministro continuo del electrodo de soldadura a la antorcha de soldadura, para estabilizar la longitud del arco, ya que la corriente de soldadura varía dependiendo de la longitud del

arco y, por lo tanto, cambia el rendimiento de fusión dependiendo de la longitud del arco. Dado que el electrodo de soldadura de fusión se suministra más o menos fuerte continuamente a la antorcha de soldadura, una reducción en la velocidad de rendimiento de fusión da como resultado una reducción en la longitud del arco, mientras que una velocidad de rendimiento de fusión aumentada conduce a un acortamiento de la longitud del arco. La especificación de un valor de referencia de voltaje conduce así a una estabilización de la longitud del arco. Sin embargo, la amplitud de corriente que cambia en función de la resistencia del arco tiene la consecuencia de que se pierde la fiabilidad del proceso con respecto al desprendimiento selectivo de una sola gota por fase de corriente de pulso. Esto se debe a que la llamada fuerza de pellizco depende del nivel de corriente. Un nivel de corriente reducido debido a una mayor resistencia del arco puede causar que no se desprenda ninguna gota durante la fase de corriente de pulso. En la siguiente fase de corriente de pulso, está presente relativamente mucho material de electrodo fundido, de modo que ahora se desprenden unas gotas relativamente grandes, que ya no se funden en el baño de fusión sin pulverizarse y libres de cortocircuitos.

El documento EP 0 787 555 A1 describe un procedimiento de soldadura por arco en el que se usa un primer segmento de la fase de corriente de pulso para activar el desprendimiento de gotas por una corriente constante relativamente alta. El primer segmento es seguido por un segundo segmento de la fase de corriente de pulso con un valor de corriente constante, relativamente pequeño, bajo el efecto del cual la gota desprendida debería pasar suavemente al baño de fusión. Después de que la gota ha pasado al baño de fusión, la regulación de corriente cambia a regulación de voltaje, es decir, el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura se regula a un valor de referencia de voltaje predeterminado para estabilizar el arco. Posteriormente, se vuelve a cambiar a una regulación de corriente para regular la corriente de soldadura en la fase de corriente de fondo con base en un valor de referencia de corriente predeterminado.

La secuencia de las regulaciones de corriente y voltaje también se describe en el documento EP 1 407 849 A2. Los procedimientos de regulación individuales se ciclan, en los que el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura se regula a un valor de referencia de voltaje predeterminado o la corriente de soldadura se regula a un valor de referencia de corriente predeterminado.

En el documento WO 2005/044502 A1 se propone cambiar cíclicamente entre soldadura por pulsos y soldadura por arco pulverizado, en el que el usuario puede predeterminar el tiempo del ciclo o la frecuencia del ciclo. Se sugieren tiempos de ciclo de 25 ms a 1000 ms. Los órdenes de magnitud temporales elegidos hacen posible que cada variante de soldadura se puede estabilizar, es decir, en el ciclo de soldadura por pulsos, se produce una sucesión de pulsos con el desprendimiento de gotas correspondiente, de modo que se puede formar la entrada de calor y la influencia del baño de fusión característico de la soldadura por pulsos. Los tiempos de ciclo relativamente largos también permiten la estabilización del proceso de soldadura con cambios en la velocidad de alimentación del electrodo de soldadura suministrado continuamente a la antorcha de soldadura.

En el documento DE 32 00 086 A1 se describe un procedimiento de soldadura por arco, en el que se comparan los valores reales de la corriente de soldadura y el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura con una característica de voltaje-corriente estática por medio de un circuito estático y controla un circuito dinámico en caso de desviaciones para que se pueda lograr el punto de operación en la característica de voltaje-corriente. Tal procedimiento de regulación permite una estabilización de la longitud del arco, porque con un arco relativamente corto, es decir, con una resistencia al arco relativamente baja, se establece dinámicamente un valor de corriente más alto, que derrite más material del electrodo de soldadura, y con un arco relativamente grande y asociado a una resistencia de arco relativamente grande, se establece dinámicamente un valor de corriente más bajo, que derrite menos material del electrodo de soldadura. Debido al suministro continuo del electrodo de soldadura a la antorcha de soldadura se puede lograr una longitud de arco relativamente constante. Sin embargo, una desventaja de este procedimiento de regulación es nuevamente que la influencia de la corriente de soldadura en la fase de corriente de pulso tiene un efecto directo sobre el desprendimiento de gotas. Como ya se mencionó, la fuerza de pellizco que separa la gota depende de la altura de la corriente, y un nivel de corriente reducido puede causar que ninguna gota se desprenda en absoluto durante una primera fase de corriente de pulso y que una gota muy grande se desprenda durante la siguiente fase de corriente de pulso, que luego ya no pasa en el baño de fusión sin pulverizarse y sin formación de un cortocircuito.

A partir del documento US 2007/235434 A1, se conocen un procedimiento de soldadura y un dispositivo de soldadura, en el que se proporciona una corriente de soldadura pulsante. Comenzando desde una fase de corriente de fondo, la corriente de soldadura pasa a través de una fase de transición creciente a una fase de corriente de pulso, a la que sigue una fase de corriente de fondo a través de una fase de transición descendente. La fase de corriente de fondo, la fase de corriente de pulso, así como las fases de transición ascendente y descendente pueden ser reguladas por voltaje o por corriente, en cualquier combinación. En una regulación de corriente, la corriente de salida de la máquina de soldar se regula y ajusta al valor de referencia de corriente deseado. En la regulación de voltaje, el voltaje de salida de la máquina de soldar se monitorea y ajusta al valor de referencia de voltaje deseado.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento de soldadura por arco del tipo mencionado anteriormente, así como una fuente de corriente de soldadura para llevar a cabo el procedimiento de soldadura por arco, en el que se puede lograr un alto rendimiento de fusión y una estabilización de la longitud del arco y el arco es fácil de manejar por el soldador.

Este objetivo se logra en un procedimiento genérico de soldadura por arco de acuerdo con la invención regulando la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia con base en un valor de referencia de corriente, que se determina dependiendo del valor real de corriente de la corriente de soldadura y el valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura.

5 Durante la fase de corriente de fondo y durante la fase de corriente de pulso, la corriente de soldadura se puede regular sobre la base de valores de referencia de corriente constante y durante la fase de corriente intermedia, la corriente de soldadura se regula sobre la base de un valor de referencia de corriente en cuya determinación se incluye el valor real de corriente de la corriente de soldadura y también el valor real del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura. Por lo tanto, se puede asegurar una amplitud de corriente de pulso para la fase de corriente de pulso, lo que garantiza la separación de una sola gota durante la fase de corriente de pulso. El desprendimiento de gotas es, por lo tanto, reproducible de una manera simple. Las gotas desprendidas pueden ser virtualmente pulverizadas y pasar sin cortocircuito al baño de fusión.

10 Incluso en la fase de corriente de fondo, la corriente de soldadura se puede regular a un valor constante. La amplitud de corriente de fondo se puede especificar de modo que se garantice que el arco no se apaga durante la fase de corriente de fondo.

15 De acuerdo con la invención, una fase de corriente intermedia se une con la fase de corriente de pulso, en la que la regulación de la corriente de soldadura tiene lugar sobre la base de un valor de referencia de corriente, que depende tanto del valor real de corriente de la corriente de soldadura como del valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura. Por lo tanto, puede formar una dependencia de la corriente de soldadura por resistencia al arco en la fase de corriente intermedia de la fase de corriente de pulso posterior. Si la resistencia del arco es bastante baja, pueden formarse más gotas de pequeño volumen o incluso un primer cilindro de líquido contiguo de pequeño diámetro bajo la acción de la corriente de soldadura después de la separación de la gota de la fase de corriente de pulso, que se desprende del electrodo de soldadura durante la fase de corriente intermedia y sigue a la primera gota ya separada, por lo tanto, el procedimiento de la invención se caracteriza por un alto rendimiento de fusión. Al proporcionar la fase de corriente intermedia, después de la primera gota grande, se pueden pellizcar incluso más gotas pequeñas o incluso un cilindro de líquido estrecho, que se dirigen en la dirección del baño de fusión. Por lo tanto, la punta del electrodo extrae una mayor parte del material líquido, como es el caso de la soldadura por pulso convencional. Por lo tanto, el extremo libre del electrodo de soldadura ya no tiene la forma redondeada habitual, sino que es puntiagudo, de modo que el punto de inicio del arco muy concentrado se adhiere a la punta del electrodo. Durante la fase de corriente intermedia, el material de la fase de corriente de fondo posterior se funde solo de manera insignificante en la punta del electrodo. De las gotas más pequeñas desprendidas durante la fase de corriente intermedia, no todas alcanzan necesariamente la pieza de trabajo durante la fase de corriente de fondo. Como resultado, en la siguiente fase de corriente de pulso que sigue a la fase de corriente de fondo, se ubican gotas aún más pequeñas dentro de la región del arco, que evaporan el metal, de modo que una concentración relativamente alta de vapor metálico está presente en la región del arco. Esto puede formar un arco muy estable durante la fase de corriente de pulso. Además, la alta presión de vapor y el plasma concentrado en la pieza de trabajo provocan una penetración profunda similar a un dedo. El arco es muy estable, lo que significa que es insensible a la interferencia. La penetración en forma de dedo tiene la ventaja de que las piezas de trabajo pueden ser muy estables conectadas entre sí, ya que la unión entre las dos piezas de trabajo está fusionada a la profundidad de penetración y, por lo tanto, la conexión de las piezas de trabajo tiene una alta resistencia.

20 La provisión de un valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia en función del valor real de corriente de la corriente de soldadura y en función del valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura permite la regulación de la longitud del arco en la fase de corriente intermedia, de modo que con un arco relativamente largo y, por lo tanto, con una resistencia de arco relativamente alta el valor de referencia de corriente se reduce y con un arco relativamente corto y por lo tanto, con una resistencia de arco relativamente baja se aumenta el arco y en la fase de corriente intermedia el valor de referencia de corriente aumenta. Por lo tanto, dependiendo de la resistencia del arco real, más o menos material puede desprenderse del electrodo de soldadura en la fase de corriente intermedia, aumentando así la velocidad de deposición y estabilizando la longitud del arco. El valor real puede cambiar en la fase de corriente intermedia en muy poco tiempo para reaccionar a una longitud de arco modificada. Sin embargo, dado que la determinación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia depende del valor real de corriente de la corriente de soldadura y del valor real del voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura, queda asegurado durante la fase de corriente de pulso regulada a un valor de referencia de corriente constante que una sola gota se separa del electrodo de soldadura en cada caso.

25 Por lo tanto, el procedimiento de soldadura por arco de acuerdo con la invención hace posible, por un lado, lograr una alta tasa de deposición y, por otro lado, estabilizar la longitud del arco, en el que el soldador puede manejar el arco de una manera simple. Se reduce el riesgo de salpicaduras, así como el riesgo de formación de cortocircuitos. La regulación de la corriente de soldadura en la fase de corriente de pulso a un valor de referencia de corriente constante permite el reemplazo selectivo de una sola gota en la fase de corriente de pulso, la regulación del valor de referencia de corriente en la fase intermedia dependiendo del valor real y el valor de voltaje real permite la estabilización de la longitud del arco y la regulación de la corriente de soldadura en la fase de corriente de fondo a un valor de referencia de corriente constante asegura que, por un lado, el arco en la fase de corriente de fondo no se

apague y, por otro lado, que la punta del electrodo de soldadura no se sobrecaliente en la fase de corriente de fondo y, por lo tanto, una gran cantidad de material ya se licua en la fase de corriente de fondo.

Es ventajoso si se determina el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia teniendo en cuenta los factores de corrección. Los factores de corrección pueden ponderar la influencia del valor real de corriente de la corriente de soldadura y la influencia del valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura en el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia. Por ejemplo, se puede proporcionar que un factor de corrección que se asigna al valor real se elija considerablemente más grande que un factor de corrección que se asigna al valor de voltaje real. Como resultado, los cambios de voltaje durante la fase de corriente intermedia tienen menos influencia en la formación del valor de referencia de corriente que los cambios de corriente. A la inversa, se puede proporcionar que el factor de corrección asignado al valor real de voltaje sea significativamente mayor que el factor de corrección asignado al valor real. Tal elección de los factores de corrección da como resultado que el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia reaccione muy fuertemente a los cambios en el voltaje de salida, mientras que los cambios en el valor real para la formación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia son de menor importancia.

El soldador puede especificar los factores de corrección en el caso más simple. Además, o alternativamente, los factores de corrección pueden depender del proceso de soldadura, es decir, pueden ser variables dependientes del proceso. En la determinación de los factores de corrección, por ejemplo, se puede incluir la altura de la amplitud de la corriente de pulso, la altura de la amplitud de la corriente de fondo y/o el comportamiento temporal de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia o el comportamiento temporal del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura u otros parámetros medibles o especificables manualmente.

En una realización particularmente ventajosa del procedimiento de soldadura de acuerdo con la invención, se forma para la determinación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia, la suma del valor real de corriente de la corriente de soldadura y el valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura, en el que cada uno ponderó el valor real y el valor real de voltaje con un factor de corrección predeterminado. El valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia es, por lo tanto, proporcional a la suma del valor real ponderado por un primer factor de corrección y el valor de voltaje real ponderado por un segundo factor de corrección. La ponderación se realiza multiplicando los valores reales por el factor de corrección respectivo.

Es favorable si se agrega otro factor de corrección a la suma del valor de corriente real ponderado y el valor de voltaje real ponderado. El factor de corrección adicional forma una variable que es independiente tanto del valor real del voltaje como del valor real y que se incluye en la determinación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia. El valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia se puede representar en tal realización del procedimiento de acuerdo con la invención mediante la siguiente relación:

$$I_{\text{sol}} = K1 + K2 * I_{\text{ist}} + K3 * U_{\text{ist}}$$

I_{sol} es el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia, I_{ist} es el valor real de la corriente de soldadura, U_{ist} es el valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura, $K1$ es un factor de corrección que es independiente del valor real y el valor real del voltaje real, y $K2$ y $K3$ son factores de corrección, que ponderan la influencia del valor real o la influencia del valor real de voltaje en la determinación del valor de referencia de corriente.

En una realización ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención, el valor de referencia real de la fase de corriente intermedia se forma a partir de la suma del valor de corriente real y la ponderación respectivamente por un factor de corrección de las desviaciones del valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura de un valor fijo de voltaje y el valor real de corriente de la corriente de soldadura de un valor fijo real. El valor fijo de voltaje y el valor de corriente fijo pueden ser predeterminados, por ejemplo, por el usuario de la fuente de poder de soldadura. También se puede proporcionar que el valor fijo de voltaje y/o el valor fijo real sean variables dependientes del proceso. Por ejemplo, el comportamiento temporal de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia y/o la magnitud de la amplitud de corriente de fondo y/o la magnitud de la amplitud de corriente de pulso pueden incluirse en la determinación del valor fijo de voltaje y del valor de corriente fijo. Esto se discutirá con más detalle a continuación. El valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia se puede representar en tal realización del procedimiento de acuerdo con la invención mediante la siguiente relación:

$$I_{\text{sol}} = I_{\text{ist}} + K4 * (U_{\text{fest}} - U_{\text{ist}}) + K5 * (I_{\text{fest}} - I_{\text{ist}})$$

En este caso, I_{sol} indica el valor de corriente nominal de la fase de corriente intermedia, I_{ist} denota el valor real de la corriente de soldadura, U_{ist} denota el valor real del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura, U_{fest} denota el valor fijo de voltaje, I_{fest} denota el valor fijo real y $K4$ y $K5$ denotan factores de corrección que representan la desviación del valor de voltaje real de Valor fijo de voltaje o la desviación del valor real del valor fijo real.

Para regular la corriente de soldadura, se puede usar un regulador de corriente analógico o digital.

Es favorable si la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia se regula cíclicamente, por lo que el valor real de corriente de la corriente de soldadura y el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura medida en el ciclo de regulación anterior se usa para determinar el valor de corriente deseado en un ciclo de regulación de corriente, por lo que estos valores reales se ponderan con un factor de corrección. En lugar del valor real de corriente de la corriente de soldadura medida en el ciclo de regulación anterior, el valor del valor de referencia de la corriente de soldadura determinado en el ciclo de regulación anterior también se puede usar para determinar el valor de referencia de corriente en el ciclo de regulación real.

El valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia puede representarse con una regulación cíclica particularmente ventajosa por la siguiente relación:

$$I_{\text{soil}}(t+dt) = I_{\text{ist}}(t) + K4 * (U_{\text{fest}} - U_{\text{ist}}(t)) + K5 * (I_{\text{fest}} - I_{\text{ist}}(t))$$

en la que $I_{\text{soil}}(t + dt)$ denota el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia en el ciclo de regulación en el momento $t + dt$, $I_{\text{ist}}(t)$ denota el valor real durante el ciclo de regulación anterior en el tiempo t , $K4$ denota un factor de corrección que, por ejemplo, puede preestablecerse, U_{fest} denota un valor fijo de voltaje, $U_{\text{ist}}(t)$ denota el valor de voltaje real determinado durante el ciclo de regulación anterior en el tiempo t , $K5$ denota un factor de corrección adicional, I_{fest} denota un valor fijo real e $I_{\text{ist}}(t)$ denota el valor real detectado en el ciclo de regulación anterior en el tiempo t de la corriente de soldadura. En lugar del valor $I_{\text{ist}}(t)$, también sería posible usar el valor de referencia de corriente $I_{\text{soil}}(t)$ determinado en el ciclo de regulación anterior en el instante t .

En una realización particularmente fácil de manejar del procedimiento de soldadura de acuerdo con la invención, se asigna varios factores de corrección en cada caso un parámetro de comandos y se depositan los factores de corrección con la asignación de parámetros de guía en un elemento de memoria, y dado un parámetro de comandos específico se recuperan a los factores de corrección asociados a este parámetro de gestión del elemento de memoria y se usan para determinar el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia. Tal configuración permite al soldador especificar solo un parámetro de comandos específico en lugar de una pluralidad de factores de corrección. La especificación de este parámetro de comandos tiene la consecuencia de que los factores de corrección asignados a este parámetro de comandos se recuperan desde el elemento de memoria y se usan para formar el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia.

A modo de ejemplo, una corriente de soldadura promediada a lo largo de la duración del pulso se puede usar como parámetro guía, que el soldador puede predeterminar. Los factores de corrección se recuperan luego del elemento de memoria en función de la corriente de soldadura promedio predeterminada.

Sin embargo, la velocidad de alimentación del electrodo de soldadura o un voltaje de salida promedio de la fuente de corriente de soldadura o un valor de entrada abstracto, que es, por ejemplo, una medida de la potencia de salida de la fuente de corriente de soldadura, también se puede usar como parámetro de comandos. Estos valores pueden ser especificados por el soldador y el valor predeterminado resulta en que los factores de corrección respectivos asignados a los valores se recuperan del elemento de memoria y se usan para determinar el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia.

Como un parámetro de comandos también se puede usar el promedio durante la duración de la fase de corriente de soldadura de corriente intermedia. Este valor promedio depende de la longitud promedio del arco y puede ser convenientemente especificado por el soldador.

Además o como alternativa, es posible proporcionar que una multiplicidad de valores de ajuste para la corriente de soldadura en la fase de corriente de fondo, valores de ajuste para la corriente de soldadura en la fase de corriente de pulso, valores de frecuencia de pulso de la corriente de soldadura y/o valores de velocidad de cambio de la corriente de soldadura durante la transición de la fase de corriente de fondo a la fase de corriente de pulso y desde la fase de corriente intermedia la fase de corriente de fondo, se almacenen en el elemento de memoria y que, al especificar un parámetro de comandos específico, los valores asignados a este parámetro de comandos se recuperen del elemento de memoria y se usen para determinar el curso de la corriente de soldadura. Esto facilita el manejo del proceso de soldadura.

Para evitar daños a la fuente de corriente de soldadura y, en particular, también daños a la antorcha de soldadura, es ventajoso si el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia se limita a un valor máximo preajutable. En tal realización, el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia no puede exceder así un valor máximo predeterminado independientemente de los valores reales de la corriente de soldadura y el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura.

Es ventajoso si el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia está limitado a un valor mínimo preajutable. En tal realización, el valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia no puede caer

por debajo de un valor mínimo preajustable independientemente de los valores reales de la corriente de soldadura y el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura. Esto asegura que el arco no se apague.

La duración de la fase de corriente intermedia está limitada a un valor mínimo en una realización particularmente preferente del procedimiento de acuerdo con la invención. Esto asegura que la fase de corriente intermedia, en cualquier caso, dure un cierto tiempo mínimo, de modo que la longitud del arco pueda estabilizarse.

Convenientemente, la fase de corriente intermedia tiene una duración de 0,5 ms a 10 ms.

Como ya se explicó, al proporcionar a la fase de corriente intermedia un valor de referencia de corriente que depende del valor real de corriente de la corriente de soldadura y del valor real del voltaje real del voltaje de salida de la fuente de corriente, la longitud del arco puede estabilizarse. Durante la fase de corriente intermedia, la corriente de soldadura puede reaccionar a corto plazo a los cambios en la resistencia del arco. Se puede lograr una mayor estabilización de la longitud del arco cambiando la corriente de soldadura en la fase de corriente de fondo y/o cambiando la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. Tales cambios ocurren más lentamente que el cambio del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia y conducen a una estabilización a largo plazo de la longitud del arco.

Es particularmente ventajoso si se detecta un valor real de representación que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia y si se compara el valor real de representación con un valor de referencia de representación y, con base en esta comparación, se modifican los valores nominales reales en la fase de corriente intermedia y/o en la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. En tal realización del procedimiento de acuerdo con la invención, no solo los valores reales medidos realmente de la corriente de soldadura y el voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura pueden incluirse en la determinación del valor de referencia de la corriente de soldadura de la fase de corriente intermedia, sino que además el perfil de tiempo anterior de la corriente de soldadura puede incluirse en la determinación del valor de referencia real de la fase de corriente intermedia. El curso de la corriente de soldadura se caracteriza por una representación del valor real. Esto puede ser, por ejemplo, la corriente de soldadura promediada durante la duración de la fase de corriente intermedia o, por ejemplo, también el valor real de corriente de la corriente de soldadura que se mide al final de la fase de corriente intermedia. El valor real de representación se puede comparar con un valor de referencia de representación. Este puede ser, por ejemplo, un valor de corriente predeterminado que se encuentra entre el valor máximo y el valor mínimo del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia, en particular el valor medio formado a partir del valor máximo y el valor mínimo. Dependiendo de una desviación del valor real de representación del valor deseado de representación preajustable, se puede cambiar el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia. Alternativa o adicionalmente, se puede cambiar el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura.

Es ventajoso si se compara un valor real de representación con valores máximos y mínimos del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia y si, dependiendo del resultado de la comparación, se cambia el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. En tal realización del procedimiento de acuerdo con la invención, el valor real de representación se compara con el valor máximo preajustable del valor de referencia real de la fase de corriente intermedia y con el valor mínimo predeterminado del valor de referencia real de la fase de corriente intermedia. Si el valor real de representación excede el valor máximo del valor de referencia real o el valor real de representación cae por debajo del valor mínimo del valor de referencia real de la fase de corriente intermedia, entonces se cambia el valor de referencia real de la fase de corriente de fondo y/o se cambia la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. Esto permite una estabilización particularmente efectiva de la longitud del arco. Si el valor real de la representación alcanza el valor máximo o el valor mínimo del valor de referencia de corriente, esto indica que la longitud del arco no puede estabilizarse aún más mediante un cambio del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia, el control de la longitud del arco posible al influir en el valor del valor de referencia actual en la fase de corriente intermedia más bien ha logrado una especie de "saturación". Para lograr una mayor estabilización de la longitud del arco, se cambia el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o se cambia la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura.

En una realización particularmente preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, se compara el valor real de representación con el valor de referencia de representación, y se regula el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura, en el que un valor de referencia especificable de la regulación del valor de referencia de corriente o la frecuencia de pulso o un factor de ganancia de la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo o el control de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura en respuesta a una desviación del valor real de representación cambiado desde el valor de referencia representacional. En tal realización, el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se regula para la estabilización a largo plazo de la longitud del arco. Para esta regulación, un valor de referencia preajustable se compara con un valor real de la manera habitual. Como valor real, por ejemplo, se puede usar el promedio de la duración del pulso del voltaje de salida de corriente de soldadura de la fuente de corriente de soldadura. El valor de voltaje promedio es una medida de la resistencia media del arco y, por lo tanto, también de la longitud media del arco. Al detectar el voltaje de salida de la fuente de poder de soldadura, se puede detectar el número, los tiempos y la duración de los cortocircuitos en el

arco durante la soldadura. Para regular el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o regular la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se puede comparar como de costumbre, el valor de referencia preajustable con el valor real detectado. La regulación se lleva a cabo de la forma habitual, teniendo en cuenta un factor de ganancia. Este factor de amplificación puede cambiarse desde el valor deseado de representación en función de la desviación del valor real de representación, que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia. Por lo tanto, el factor de ganancia puede responder a una desviación del valor real de representación del valor deseado de representación, es decir, la regulación del valor de referencia real de la fase de corriente de fondo y/o la regulación de la frecuencia de pulso puede tener lugar en función del perfil de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia. Del mismo modo, también se puede cambiar el valor deseado de la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o el valor deseado de la regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura en función de la desviación del valor real de representación del valor deseado de representación predeterminada. En tal realización del procedimiento, el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia fluye hacia la determinación del valor de referencia para la regulación de la corriente de soldadura en la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. La regulación de la longitud del arco a corto plazo en la fase de corriente intermedia influye así en la regulación de la longitud del arco a largo plazo, que se logra cambiando la amplitud de corriente de fondo y/o la frecuencia del pulso.

Es ventajoso si el factor de amplificación de la regulación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo y/o la regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se cambia proporcional o integralmente en proporción a la cantidad de desviación del valor real de representación del valor deseado de representación preajustable. Cuanto mayor es la desviación, el factor de amplificación puede seleccionarse en un valor mayor .

Como ya se explicó, para detectar el valor real de representación, que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia, es posible filtrar el valor real de corriente de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia durante la duración de la fase de corriente intermedia. Tal filtrado se puede hacer, por ejemplo, mediante un elemento de RC.

Como se mencionó anteriormente, la presente invención se refiere no sólo a un proceso de soldadura por arco sino también a una fuente de corriente de soldadura para llevar a cabo el proceso. Mediante una fuente de corriente de soldadura de este tipo, se logra el objetivo mencionado en la introducción de que los valores de ajuste reales de la fase de corriente de fondo, la fase de corriente de pulso y la fase de corriente intermedia se pueden generar mediante la parte de control, en el que el valor de referencia real de la fase de corriente intermedia se determinan con base en un valor de referencia real que depende del valor real de corriente de la corriente de soldadura y del valor real del voltaje de salida de la parte de alimentación.

En el caso de la fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la invención, la corriente de soldadura en la fase de corriente de fondo y en la fase de corriente de pulso se regula de tal manera que en cada caso se establezca un valor de corriente constante. Al elegir los valores de referencia de corriente en los que se basa la regulación, la corriente de soldadura se puede elegir de modo que el arco en la fase de corriente base no se apague y que en la fase de corriente de pulso se separe una sola gota de manera confiable del electrodo de soldadura.

Los valores de referencia reales para la regulación de la corriente de soldadura son generados por la parte de control. La parte de control puede generar los valores de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y la fase de corriente de pulso en función de los valores de entrada del soldador. Sin embargo, también pueden ser variables dependientes del proceso que dependen, por ejemplo, de valores reales promediados o filtrados de la corriente de soldadura o del voltaje de salida de la parte de alimentación o también de otros parámetros del proceso. En contraste con el valor de referencia de corriente dependiente del valor de la fase de corriente intermedia, los valores de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y la fase de corriente de pulso no muestran grandes fluctuaciones en el tiempo dentro de una fase de corriente de pulso o corriente de fondo específica. Sin embargo, pueden ocurrir cambios en varias fases de potencia. Esto se explicará con más detalle a continuación.

En el caso de la fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la invención, la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia que sigue a la fase de corriente de pulso se regula con base en un valor de referencia de corriente en cuya determinación se incluye el valor real de corriente de la corriente de soldadura y también el valor real del voltaje de salida de la parte de alimentación. Esto hace posible, por un lado, separar material adicional del electrodo de soldadura en la fase de corriente intermedia, que alcanza el baño de soldadura prácticamente sin pulverizarse, y, por otro lado, la longitud del arco puede estabilizarse. Esto ya se ha explicado en detalle anteriormente.

En una realización ventajosa de la fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la invención, la parte de control tiene un elemento de regulación de corriente con una entrada de valor de referencia a la que se pueden proporcionar diferentes valores de ajuste de corriente en las fases de corriente individuales de la corriente de soldadura. El elemento de regulación de corriente puede diseñarse como un regulador de corriente analógico o digital, como saben los expertos en diversas realizaciones. Para regular la corriente de soldadura, se proporciona un valor establecido al elemento de regulación de corriente en las fases de corriente individuales de la corriente de soldadura. Durante la fase de corriente de fondo y durante la fase de corriente de pulso puede haber valores de

referencia de corriente constantes, mientras que durante la fase intermedia del elemento de regulación de energía el valor de referencia de corriente proporcionado depende del valor real de corriente de la corriente de soldadura y del valor real del voltaje de salida de la parte de alimentación.

5 La entrada del valor de referencia del elemento de regulación de corriente está conectada en una realización ventajosa de la fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la invención a través de un dispositivo de conmutación controlable eléctricamente durante la fase de corriente de fondo y durante la fase de corriente de pulso con un primer miembro de determinación del valor de referencia y durante la fase de corriente intermedia con una segunda determinación del valor de referencia, el segundo elemento de determinación del valor de referencia con un elemento de detección del valor real de corriente para detectar el valor real de corriente de soldadura y está
10 conectado a un elemento de detección del valor real de voltaje para detectar el valor real del voltaje de salida de la parte de alimentación. En tal realización, los valores de referencia reales para la regulación de la corriente de soldadura durante la fase de corriente de fondo y durante la fase de corriente de pulso pueden ser proporcionados por un primer elemento de determinación del valor de referencia, y el valor de referencia de corriente para la regulación de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia es proporcionado por un segundo
15 elemento de determinación del valor de referencia. Ambos elementos de determinación del valor de referencia están conectados mediante un dispositivo de conmutación controlable a la entrada del valor de referencia del elemento de regulación de corriente. El dispositivo de conmutación conmuta cíclicamente la conexión entre el primer elemento de determinación del valor de referencia y la entrada del valor de referencia y entre el segundo elemento de destino del valor de referencia y la entrada del valor de referencia. La detección de los valores reales de la corriente de soldadura y el voltaje de salida de la parte de alimentación por medio de un elemento de detección del valor real de corriente y un elemento de detección de valor de referencia de corriente. Estos están conectados al segundo
20 elemento de determinación del valor de referencia, de modo que el segundo elemento de determinación del valor de referencia determina el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia sobre la base de los valores reales de la corriente de soldadura y el voltaje de salida, opcionalmente teniendo en cuenta los factores de corrección, como se explica en detalle anteriormente, el que luego a través del dispositivo de conmutación transmite la entrada del valor de referencia del elemento de regulación de corriente.

Convenientemente, la parte de control comprende un elemento de memoria para almacenar factores de corrección, que fluyen hacia la determinación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia.

30 Es ventajoso que el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura pueda regularse por medio de la parte de control. Como ya se explicó, esto permite una estabilización a largo plazo de la longitud del arco, ya que esto puede estabilizarse no solo por un cambio a corto plazo en el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia, sino también por un cambio a largo plazo del valor de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo y/o cambiando la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura.

35 Es ventajoso si la parte de control tiene un elemento de detección de valor real de representación para detectar un valor real de representación que caracteriza el perfil de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia, en el que el elemento de detección de valor real de comparación es seguido por un elemento de comparación para comparar el valor real de representación con un valor de referencia de representación. Mediante el elemento de detección de valor real de representación, se puede detectar un valor real de representación que caracteriza el curso
40 de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia. Esto puede ser, por ejemplo, la corriente de soldadura promediada durante la duración de la fase de corriente intermedia. Este valor real se puede comparar en un elemento de comparación con un valor deseado de representación. Si hay una desviación, se puede cambiar el curso de la corriente de soldadura.

45 Los valores de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la fase de corriente intermedia y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se pueden regular favorablemente en función de la desviación del valor de representación real del valor de referencia de representación. Como ya se explicó, se puede lograr una regulación de la longitud del arco extremadamente estable, en el que se logra una estabilización a corto plazo de la longitud del arco mediante la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia y una estabilización a largo plazo de la longitud del arco mediante una regulación del valor de referencia de corriente de la
50 fase de corriente de fondo y/o una regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura.

La fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la invención puede diseñarse como un circuito analógico o digital. En particular, se puede proporcionar que la parte de control tenga un microcontrolador programable. La regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia puede realizarse mediante software, así como la regulación de los valores de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y la fase de
55 corriente de pulso y también la regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura.

La siguiente descripción de una realización preferente de la invención se usa junto con las figuras para una explicación adicional.

Estas muestran:

- Figura 1: una representación esquemática de un dispositivo de soldadura con una fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la invención y una antorcha de soldadura a la que se suministra continuamente un electrodo de soldadura;
- 5 Figura 2: una representación esquemática de una parte de control de la fuente de corriente de soldadura de la Figura 1;
- Figura 3: una representación esquemática del curso temporal de la corriente de soldadura, que se proporciona por la fuente de corriente de soldadura del electrodo de soldadura;
- Figura 4: una representación esquemática del arco entre el electrodo de soldadura y una pieza de trabajo a soldar;
- 10 Figura 5: una representación esquemática de un elemento de detección de valor real de representación de la parte de control de la Figura 2;
- Figura 6: un diagrama de bloques de un circuito de la parte de control de la Figura 2 para variar la ganancia de una función de regulación de un valor real de representación, y
- 15 Figura 7: un diagrama de bloques de un circuito de la parte de control de la Figura 2 para cambiar un valor de valor de referencia de una regulación en función de un valor real de representación.

En la Figura 1, se muestra esquemáticamente un dispositivo de soldadura, que generalmente está representado por el número de referencia 10. Este comprende una fuente de corriente de soldadura 12 de acuerdo con la invención, que tiene una parte de control 14 y una parte de alimentación 16. Por medio de la parte de control 14, la parte de alimentación 16 puede controlarse para suministrar una corriente de soldadura pulsada. A través de un cable de alimentación 18, la fuente de alimentación 12 se puede conectar a una red de alimentación, en particular a una red de alimentación pública, por ejemplo, con una fuente de alimentación de CA de 230 V o 400 V.

El dispositivo de soldadura 10 tiene una unidad operativa 20 con una pantalla táctil (pantalla táctil) 21 y elementos de operación 22, que pueden configurarse, por ejemplo, como perillas o botones. La unidad operativa 20 está en conexión eléctrica con la parte de control 14.

25 El dispositivo de soldadura 10 también tiene un dispositivo de alimentación de alambre de soldadura 24 con un tambor de suministro 25 para el alambre de soldadura 26, que se puede suministrar continuamente a una antorcha de soldadura 30 del dispositivo de soldadura 10 por medio de un motor de accionamiento 27. El motor de accionamiento 27 está asociado a un elemento de control de motor 28 que está conectado a través de una línea de conexión conocida per se y, por lo tanto, no se muestra en las figuras con la parte de control 14. Por medio del elemento de control del motor 28, la velocidad del motor de accionamiento 27 puede regularse para lograr una velocidad de alimentación deseada a la que se suministra el alambre de soldadura 26 a la antorcha de soldadura 30.

30 El dispositivo de soldadura 10 también tiene un dispositivo de suministro de gas 35 con un regulador de flujo 36 controlable. El regulador de flujo 36 controlable está conectado a través de líneas de control, no mostradas en el dibujo con la parte de control 14 en conexión eléctrica. El usuario puede especificar mediante la unidad operativa 20, un cierto flujo de gas, es decir, una cierta cantidad de gas inerte, que se suministra a la antorcha de soldadura 30 por unidad de tiempo desde un depósito de gas 37 a través de una línea de gas 38.

40 El dispositivo de soldadura 10 también tiene un dispositivo de suministro de refrigerante 40 con una bomba de refrigerante 41, un intercambiador de calor 42 y un sensor de flujo 43. Con la ayuda del sensor de flujo 43, se puede detectar la cantidad de refrigerante suministrado a la antorcha de soldadura 30 a través de una línea de refrigerante 45 por unidad de tiempo, y por medio de bomba de refrigerante 41 controlable, que está conectada a través de líneas de control, no mostradas en el dibujo con la parte de control 14, puede especificarse una cantidad deseada de refrigerante, que debe suministrarse a la antorcha de soldadura 30 por unidad de tiempo. Con la ayuda del intercambiador de calor 42, el refrigerante, preferentemente agua, puede enfriarse continuamente.

45 El extremo libre de la antorcha de soldadura 30 suministrada al alambre de soldadura 26 forma un electrodo de soldadura 50 consumible, que puede conectarse a través de una primera línea de alimentación en forma de un cable de alimentación 52 a una primera salida 54 de la parte de alimentación 16 de la fuente de alimentación 12. Una pieza de trabajo 60 a soldar se puede conectar a través de una segunda línea de alimentación en forma de un cable de tierra 61 a una segunda salida 55 de la parte de alimentación 16.

50 Durante el funcionamiento del dispositivo de soldadura 10, se forma un arco 70 entre el electrodo de soldadura 50 y la pieza de trabajo 60, que se muestra ampliado en la FIG 4. Desde la parte de alimentación 16 de la fuente de alimentación 12, el electrodo de soldadura 50 está provisto de una corriente de soldadura pulsante, cuyo desarrollo en el tiempo se ilustra en la FIG. 3. La corriente de soldadura tiene una fase de corriente de fondo C con una amplitud de corriente de fondo IC y una fase de corriente de pulso A con una amplitud de corriente de pulso IA. A través de un borde de corriente ascendente F1, que se ilustra en la Figura 3 a modo de ejemplo en forma de un aumento de la corriente lineal, la amplitud de corriente fundamental IC cambia a la amplitud de corriente de pulso IA.

55

La fase de corriente de pulso A es seguida por una fase de corriente intermedia B, al final de la cual la corriente de soldadura tiene una amplitud IBE. A través de un borde de corriente descendente F2, que se muestra en la figura 3 a modo de ejemplo como una caída de corriente lineal, la fase de corriente intermedia B cambia a la fase de corriente de fondo C. Esta secuencia se repite con el período 1/f, en el que f denota la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. La amplitud de corriente de fondo IC puede ser, por ejemplo, de 100 A a 250 A. La amplitud de la corriente de pulso IA es, por ejemplo, de 150 A a 580 A.

La fase de corriente de fondo C normalmente dura aproximadamente de 2 a 2,5 ms, y la fase de corriente de pulso A normalmente dura aproximadamente de 1,8 a 2,4 ms. La duración de la fase de corriente intermedia B se elige más en la realización ilustrada que la duración de la fase de corriente de pulso A, pero es más corta que la duración de la fase de corriente de fondo C.

El curso de la corriente de soldadura mostrada en la Figura 3 se regula por medio de la parte de control 14. En la Figura 2, la parte de control 14 se ilustra esquemáticamente a la manera de un diagrama de bloques. Esta comprende un elemento de detección de valor real de voltaje 72, que detecta el voltaje de salida de la parte de alimentación 16 y está conectado a un elemento de control central 75 a través de una primera línea de señal 73. Además, la parte de control 14 comprende un elemento de detección del valor real de corriente 77 que detecta el valor real de la corriente que fluye a través del cable de alimentación 52 desde la unidad de alimentación 16 a la corriente de soldadura del electrodo de soldadura 50 y se conecta a través de una segunda línea de señal 78 al elemento de control central 75.

El elemento de detección del valor real de corriente 77 también está conectado a una entrada de valor real 80 de un regulador de corriente 81 en conexión cuya salida 82 está conectada a través de una línea de control 83 a la parte de alimentación 16.

El elemento de control central 75 está en comunicación eléctrica con un generador de funciones 85 que incluye una unidad de sincronización 86 y un primer elemento de valor de referencia 88. Además, el elemento de control central 75 está en comunicación eléctrica con un segundo elemento de entrada de valor deseado 90, que es un valor real del voltaje de salida de la parte de alimentación 16 a través de una primera línea de derivación 91 que se bifurca desde la primera línea de señal 73 desde el elemento de detección de valor real de voltaje 72 y a través de una segunda línea de derivación 92 que se bifurca desde la segunda línea de señal 78 del elemento de detección del valor real de corriente 77 se puede proporcionar un valor real de la corriente de soldadura.

La parte de control 14 comprende una unidad de conmutación 94 controlable eléctricamente por la unidad de sincronización 86 que tiene una primera entrada 95, una segunda entrada 96 y una tercera entrada 97 así como una salida 98 común que se puede conectar cíclicamente a la primera entrada 95, la segunda entrada 96 y a la tercera entrada 97 se puede conectar en respuesta a una señal de tiempo proporcionada por la unidad de sincronización 86. El primer elemento de especificación del valor deseado 88 está conectado a través de una primera línea de conexión 101 a la primera entrada 95 de la unidad de conmutación 94 y a través de una tercera línea de conexión 103 a la tercera entrada 97 de la unidad de conmutación 94 en conexión eléctrica. El segundo elemento de especificación del valor deseado 90 está conectado a través de una segunda línea de conexión 102 a la segunda entrada 96 de la unidad de conmutación 94 en conexión eléctrica. La salida 98 de la unidad de conmutación 94 está conectada a través de una línea de alimentación de valor establecido 105 a una entrada de valor de referencia 107 del regulador de corriente 81. Mediante la entrada del valor de referencia 107 se puede especificar un valor de valor de referencia de corriente para el regulador de corriente 81, que el regulador de corriente 81 puede comparar con un valor real aplicado a la entrada de valor real 80. En respuesta a una desviación del valor real del valor de referencia de corriente, el regulador de corriente 81 controla la parte de alimentación a través de la línea de control 83 de modo que la corriente de soldadura que fluye a través del cable de potencia 52 aumenta, disminuye o se mantiene. Para la fuente de alimentación, la parte de alimentación 16 está conectada en el lado de entrada a una parte de suministro de red 110, a la que está conectado el cable de alimentación 18 mostrado en la Figura 1.

Además, la parte de control 14 tiene un dispositivo de control 111 de nivel superior, que está en comunicación eléctrica tanto con el elemento de control central 75 como con la unidad operativa 20, el elemento de control del motor 28 del dispositivo de alimentación de alambre de soldadura 24, el regulador de flujo 36, el dispositivo de suministro de gas 35 y la bomba de refrigerante 41 del dispositivo de suministro de refrigerante 40.

El elemento de control central 75 comprende un elemento de memoria 114 en el que los factores de corrección para determinar el valor de corriente deseado de la fase intermedia B pueden explicarse con más detalle a continuación, tal como un valor máximo del valor de referencia de la fase de corriente intermedia, un valor mínimo del valor de referencia de la fase de corriente intermedia y valores de valor de referencia de corriente para la fase de corriente de pulso A y la fase básica C. Además, los valores para la inclinación del borde de corriente ascendente F1 que conecta la fase de corriente de fondo C a la fase de corriente de pulso A y el borde de corriente descendente F2 que conecta la fase de corriente intermedia B a la fase de corriente de fondo C se pueden almacenar en el elemento de memoria 114.

Para simplificar el manejo de la fuente de corriente 12, una multiplicidad de los factores y valores mencionados anteriormente se almacenan respectivamente en el elemento de memoria 114 con la asignación de un parámetro de

comandos que el usuario puede ingresar al elemento de control central 75 a través de la unidad operativa 20 y el dispositivo de control de nivel superior 111 conectado al mismo. Como parámetro de comandos, a modo de ejemplo, se puede usar un valor de corriente promediado a lo largo de toda la duración del pulso de la corriente de soldadura o, también la velocidad de alimentación de alambre para el alambre de soldadura 26. Si el usuario ingresa un valor específico para el parámetro de comandos, entonces los factores y valores asociados se recuperan del elemento de memoria 114 y se usan para regular la corriente de soldadura.

La unidad de sincronización 86 proporciona a la unidad de conmutación controlable 94 una frecuencia de pulso deseada f de la corriente de soldadura y la duración de la señal de tiempo correspondiente de las fases de corriente individuales A, B y C, debido a que la unidad de conmutación 94 establece cíclicamente una conexión eléctrica entre la primera entrada 95 y la salida 98, la segunda entrada 96 y la salida 98 y la tercera entrada 97 y la salida 98. A través de la primera entrada 95, el regulador de corriente 81 puede preajustarse por el primer elemento de entrada de valor deseado 88 con un valor de referencia de corriente en la fase de corriente de pulso A. A través de la segunda entrada 96, el regulador de corriente 81 puede preajustarse mediante el segundo elemento de entrada de valor deseado 90 en la fase de corriente intermedia B, y a través de la tercera entrada 97 el regulador de corriente 91 puede proporcionarse con un valor de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo C por el elemento de ajuste de valor deseado 88.

La determinación del valor de referencia de la corriente en la fase de corriente intermedia B se lleva a cabo por el segundo elemento de establecimiento de valor deseado 90 de tal manera que este forma una suma a partir del valor real de corriente I_{ist} y la desviación del valor actual de voltaje real U_{ist} proporcionado por el elemento de detección de valor real de voltaje 77, ponderado por un factor de corrección K4, de un valor fijo de voltaje U_{fest} recuperado del elemento de memoria 114 del elemento de control central 75 así como la desviación del valor actual real I_{ist} ponderado por un factor de corrección adicional K5 de un valor fijo actual recuperado del elemento de memoria 114 del elemento de control central 75. El valor de referencia de corriente para el regulador de corriente 81 provisto en la fase de corriente intermedia B por el segundo elemento de entrada del valor de referencia 90 se puede representar de la siguiente manera:

$$I_{soll} = I_{ist} + K4 * (U_{fest} - U_{ist}) + K5 * (I_{fest} - I_{ist})$$

Como ya se mencionó, los factores K4 y K5 así como el valor fijo de voltaje U_{fest} y el valor fijo real I_{fest} pueden almacenarse en el elemento de memoria 114 y activarse según sea necesario. Sin embargo, también se puede proporcionar que el valor fijo de voltaje U_{fest} y el valor fijo real I_{fest} y/o los factores de corrección K4 y K5 se formen en función de un valor real de representación que caracteriza el perfil de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia B. Para este propósito, el elemento de control central 75 tiene un elemento de detección de valor real de representación 116, que se muestra esquemáticamente en la figura 5 y tiene un interruptor electrónico 115 y un elemento RC 117 con una resistencia óhmica 118 y un condensador 119. Durante la fase intermedia B, el interruptor 115 está cerrado, de modo que el condensador 119 se carga. Después de la expiración de la fase de corriente intermedia B, el interruptor 115 se abre y el voltaje aplicado al voltaje del condensador 119 puede recuperarse como un valor real de representación. Este último caracteriza el curso de la corriente de soldadura durante la fase de corriente intermedia. Por medio de un primer elemento de comparación 121 del elemento de control central 75, el valor real de representación se puede comparar con un valor deseado de representación almacenado en el elemento 114 de memoria. Si hay una desviación entre los dos valores, entonces los factores de corrección K4 y K5 y/o el valor fijo de voltaje U_{fest} y el valor de corriente fija I_{fest} se pueden cambiar.

El valor real de representación también se puede comparar por medio del primer elemento de comparación 121 con valores máximos y mínimos predefinidos del valor de referencia de corriente I_{soll} de la fase de corriente intermedia. Si el valor real de representación excede el valor máximo del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia o si cae por debajo del valor mínimo del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia, se puede transmitir una señal de control desde el elemento de control central 75 al generador de funciones 85 para determinar la frecuencia de pulso del generador de reloj 86 y/o el valor de referencia de corriente del primer elemento de entrada de valor de referencia 88 para cambiar la fase real básica C.

Un cambio del valor de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo C y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura también se puede efectuar en función de un valor de voltaje promediado durante toda la duración del pulso, proporcionado por una imagen de valor medio 123 del elemento de control central 75 y con la ayuda de un segundo elemento de comparación 124 con un preajuste y en el elemento de memoria 114 el valor de referencia de voltaje promedio almacenable es comparable. El promedio de tiempo del voltaje de salida de la parte de alimentación 16 forma una medida de la resistencia promedio del arco. El valor de voltaje promedio es mayor, mayor es el valor medio de la resistencia del arco. Dependiendo de la resistencia media del arco, el valor de referencia de corriente para la fase de corriente de fondo C y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se puede regular.

La regulación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo C y/o la regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se realiza de la manera habitual, teniendo en cuenta un factor de amplificación preajutable. Este factor de amplificación a su vez puede tener lugar en función del valor real de representación que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia. Para este

propósito, el valor real de representación proporcionado por el elemento de detección de valor real de representación 116 se puede comparar con un valor deseado de representación predefinida por medio del primer elemento de comparación 121. Como se muestra en la figura 6, el primer elemento de comparación 121 es seguido por un generador de valor absoluto 126, que está conectado a un elemento de filtrado 127. La cantidad anterior 126 constituye la cantidad de desviación del valor real de representación del valor objetivo de representación. Esta cantidad es luego filtrada por el miembro de filtrado 127 para promediar fluctuaciones a corto plazo en la cantidad y, por lo tanto, también cambios a corto plazo en la corriente de soldadura. El elemento de filtrado 127 luego emite una señal para formar el factor de ganancia para la regulación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo C y/o para la regulación de la frecuencia de pulso.

El valor de referencia para la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura puede vincularse mediante un elemento lógico del elemento de control central 75 con una señal de salida de un segundo elemento de filtrado 131, que está conectado en el lado de entrada al primer elemento de comparación 121, en el que el elemento de detección de valor real de representación 116 compara el valor real de representación proporcionado con un punto de referencia de representación. Esto hace posible cambiar el valor del valor de referencia para la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo C y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura en función del perfil de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia B.

Al proporcionar una corriente de soldadura con el perfil temporal explicado anteriormente, el arco 70 se genera entre el electrodo de soldadura 50 y un baño de fusión 135 de la pieza de trabajo 60 mostrada en la FIG. 4. Aquí, el electrodo de soldadura 50 se licúa, de modo que al final de la fase de corriente de pulso A, se forman unas primeras gotas relativamente grandes 136 y se separan de la punta del electrodo de soldadura 50 en la dirección del baño de fusión 135. En la fase de corriente intermedia B inmediatamente después de la fase de corriente de pulso A, la corriente de soldadura tiene un perfil que depende de la desviación del valor real del valor fijo real predeterminado y de la desviación del valor de voltaje real del valor fijo de voltaje predeterminado, ponderando las desviaciones en cada caso con factores de corrección. La corriente de soldadura en la fase B de corriente intermedia depende de la resistencia del arco y, por lo tanto, de la longitud del arco. Si hay un arco relativamente corto, entonces se establece una corriente de soldadura relativamente alta en la que, en la fase de corriente intermedia B, se desprenden gotas de pequeño volumen 137 del electrodo de soldadura después de la primera gota grande 136, hasta que expira la amplitud de la corriente de soldadura la fase de corriente intermedia B se baja aún más y cae por debajo de la corriente crítica para formar una corriente de arco de pulverización. En lugar de una pluralidad de gotas de pequeño volumen 137, después de la primera gota grande 136, en presencia de un arco relativamente corto, también puede desprenderse material en forma de un cilindro de líquido con un diámetro pequeño.

Si, por otro lado, existe un arco comparativamente largo en la fase B de corriente intermedia, el resultado es que la corriente de soldadura en la fase B de corriente intermedia asume un valor relativamente bajo, en cuyo caso solo se desprenden unas pocas gotas de pequeño volumen 137 o ningún material en la fase B de corriente intermedia.

Dado que la antorcha de soldadura 30 se suministra continuamente el alambre de soldadura 26, que forma el electrodo de soldadura consumible 50, que depende de la resistencia de la regulación del arco 70 de la corriente de soldadura en la fase intermedia B, se produce una estabilización de la longitud del arco, porque con una longitud de arco grande disminuye en la fase intermedia B de corriente de soldadura, de modo que solo unos pocos materiales se separan del electrodo de soldadura 50 y el suministro continuo de alambre de soldadura 26 conduce a una reducción gradual de la longitud del arco. Si inicialmente existe una pequeña longitud de arco en la fase de corriente intermedia, la baja resistencia de arco asociada a ella da como resultado una gran corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia B. Esto conduce a una fuerte separación del material líquido del electrodo de soldadura 50 y, por lo tanto, a un aumento en la longitud del arco.

La regulación del valor de referencia de corriente en la fase intermedia B en función del valor real de voltaje de salida de la parte de alimentación 16 y en función del valor real de corriente de la corriente de soldadura que fluye a través del cable de alimentación 52 forma un control de longitud de arco que reacciona muy rápidamente.

Una regulación de la longitud del arco a largo plazo se logra adicionalmente mediante la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo C y/o mediante la regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. Esta regulación tiene lugar teniendo en cuenta el promedio de tiempo del voltaje de salida de la parte de alimentación 16 y teniendo en cuenta el curso de la corriente de soldadura en la fase intermedia B. Para este propósito, como ya se explicó, el factor de ganancia y/o el valor de referencia de la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo C y/o regulación de la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura, se modifica teniendo en cuenta la desviación del valor real de representación de un valor deseado de representación predeterminado. Por lo tanto, la regulación de la longitud del arco afecta la regulación relativamente lento de la longitud del arco, que se basa en la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo C y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura. Por lo tanto, la regulación rápido de la longitud del arco basado en la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia B que tiene lugar afecta la regulación relativamente lento de la longitud del arco, que se basa en la regulación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo C y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura.

5 La fuente de corriente de soldadura 12 se caracteriza así por un alto rendimiento de fusión y por una longitud de arco estable. El alto rendimiento de fusión se logra porque en la fase intermedia B, se puede hacer una transición de material adicional desde el electrodo de soldadura 50 a la pieza de trabajo 60, y la longitud del arco estable se logra mediante la regulación dependiente de la resistencia del arco del valor de referencia de la corriente de soldadura de la fase de corriente intermedia B y mediante el control del valor de referencia real en la fase de corriente de fondo C y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura, que depende del curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico, en el que se quema un arco eléctrico entre un electrodo de soldadura consumible suministrado continuamente a una antorcha de soldadura y una pieza de trabajo en una atmósfera de gas de protección y el material fundido del electrodo de soldadura se transfiere a un baño de fusión en la pieza de trabajo, en donde el electrodo de soldadura suministra, a partir de una fuente de corriente de soldadura, una corriente de soldadura pulsada que tiene una fase de corriente de fondo, una fase de corriente de pulso y una fase de corriente intermedia que sigue a la fase de corriente de pulso, **caracterizado porque** en la fase de corriente intermedia, la corriente de soldadura se regula basándose en un valor de referencia de corriente que se determina dependiendo del valor real de corriente de la corriente de soldadura y el valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura.
2. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia se determina teniendo en cuenta los factores de corrección.
3. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** para la determinación del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia, se forma la suma del valor real de corriente de la corriente de soldadura y el valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de energía de la soldadura, en el que el valor real de corriente y el valor real de voltaje se ponderan cada uno por un factor de corrección.
4. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con las reivindicaciones 1, 2 o 3, **caracterizado porque** el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia se forma a partir de la suma del valor de corriente real y las desviaciones, ponderados en cada caso por un factor de corrección, del valor real de voltaje del voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura de un valor fijo de voltaje más el valor real de corriente de la corriente de soldadura a partir de un valor fijo.
5. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en la fase de corriente intermedia, la corriente de soldadura se regula de manera cíclica, en donde, para determinar el valor de referencia de corriente en un ciclo de regulación actualmente en curso, se usa el valor real de la corriente de soldadura medido en el ciclo de regulación anterior o el valor de referencia de la corriente de soldadura determinado en el ciclo de regulación anterior y el valor real de voltaje de salida de la fuente de corriente de soldadura medido en el ciclo de regulación anterior, en donde cada uno de estos valores está ponderado por un factor de corrección.
6. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una pluralidad de factores de corrección se asocian en cada caso a un parámetro de comando y se almacenan con esta asociación en un elemento de almacenamiento, y **porque**, mediante el establecimiento de un determinado parámetro de comando, los factores de corrección asociados a este parámetro de comando se recuperan del elemento de almacenamiento y se usan para determinar el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia.
7. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia está limitado a un valor máximo.
8. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia está limitado a un valor mínimo.
9. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la duración de la fase de corriente intermedia está limitada a un valor mínimo.
10. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la fase de corriente intermedia tiene una duración de 0,5 ms a 10 ms.
11. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se detecta un valor real de representación que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia, y **porque** el valor real de representación se compara con un valor de referencia de representación, y **porque** el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia y/o el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se modifican basándose en dicha comparación.
12. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se detecta un valor real de representación que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia, y **porque** el valor real de representación se compara con los valores máximos y mínimos del valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia, y **porque** el

valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura se modifican dependiendo del resultado de dicha comparación.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
13. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se detecta un valor real de representación, que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia, y el valor real de representación se compara con un valor de referencia de representación, y **porque** se regulan el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura, en donde un valor de referencia preajustable de la regulación de corriente de fondo y la regulación de frecuencia de pulso respectivamente o un factor de ganancia de la regulación de corriente de fondo y la regulación de frecuencia de pulso respectivamente se modifican dependiendo de una desviación del valor real de representación del valor de referencia de representación.
 14. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** el factor de ganancia se modifica de manera proporcional o integral más proporcional a la cantidad de la desviación del valor real de representación del valor de referencia de representación.
 15. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con las reivindicaciones 11, 12, 13 o 14, **caracterizado porque** el valor real de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia regularizada durante la fase de corriente intermedia se usa como el valor real de representación.
 16. Fuente de corriente de soldadura para llevar a cabo el procedimiento de soldadura por arco eléctrico de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que tiene una parte de control y una parte de alimentación controlable por la parte de control y a cuya salida está conectado un electrodo de soldadura, en donde la parte de alimentación puede proporcionar una corriente de soldadura pulsada, que tiene una fase de corriente de fondo, una fase de corriente de pulso y una fase de corriente intermedia que sigue a la fase de corriente de pulso, **caracterizada porque** los valores de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo (C), la fase de corriente de pulso (A) y la fase de corriente intermedia (B) se pueden generar por medio de la parte de control (14), en donde el valor de referencia de corriente de la fase de corriente intermedia (B) se determina sobre la base de un valor de referencia de corriente que depende del valor real de la corriente de soldadura y del valor real del voltaje de salida de la parte de alimentación (16).
 17. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizada porque** la parte de control (14) presenta un elemento de regulación de corriente (81) con una entrada de valor de referencia (107), en la que se pueden proporcionar diferentes valores de referencia de corriente en las fases de corriente individuales (A, B, C) de la corriente de soldadura.
 18. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizada porque** la entrada del valor de referencia (107) se puede conectar a través de una unidad de conmutación controlable eléctricamente (94) durante la fase de corriente de fondo (C) y durante la fase de corriente de pulso (A) a un primer elemento de determinación del valor de referencia (88) y durante la fase de corriente intermedia (B) a un segundo elemento de determinación del valor de referencia (90), en donde el segundo elemento de determinación del valor de referencia (90) está conectado a un elemento de detección del valor real de corriente (77) para detectar el valor real de la corriente de soldadura y a un elemento de detección del valor real de voltaje (77) para detectar el valor real de voltaje de la salida de voltaje de la parte de alimentación (16).
 19. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con las reivindicaciones 16, 17 o 18, **caracterizada porque** la parte de control (14) presenta un elemento de almacenamiento (114) para almacenar factores de corrección que se incorporan en la determinación del valor de referencia de corriente en la fase de corriente intermedia (B).
 20. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 19, **caracterizada porque** el valor de referencia de corriente de la fase de corriente de fondo y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura son regulables por medio de la parte de control (14).
 21. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 20, **caracterizada porque** la parte de control (14) presenta un elemento de detección del valor real de representación (116) para detectar un valor real de representación que caracteriza el curso de la corriente de soldadura en la fase de corriente intermedia (B), en donde un elemento de comparación (121) se ubica corriente abajo del elemento de detección del valor real de representación (116) para comparar el valor real de representación con un valor de referencia de representación.
 22. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizada porque** los valores de referencia de corriente en la fase de corriente de fondo y/o la fase de corriente intermedia y/o la frecuencia de pulso de la corriente de soldadura son regulables dependiendo de la desviación del valor real de representación del valor de referencia de representación.

23. Fuente de corriente de soldadura de acuerdo con una de las reivindicaciones 16 a 22, **caracterizada porque** la parte de control (14) presenta un microcontrolador programable.

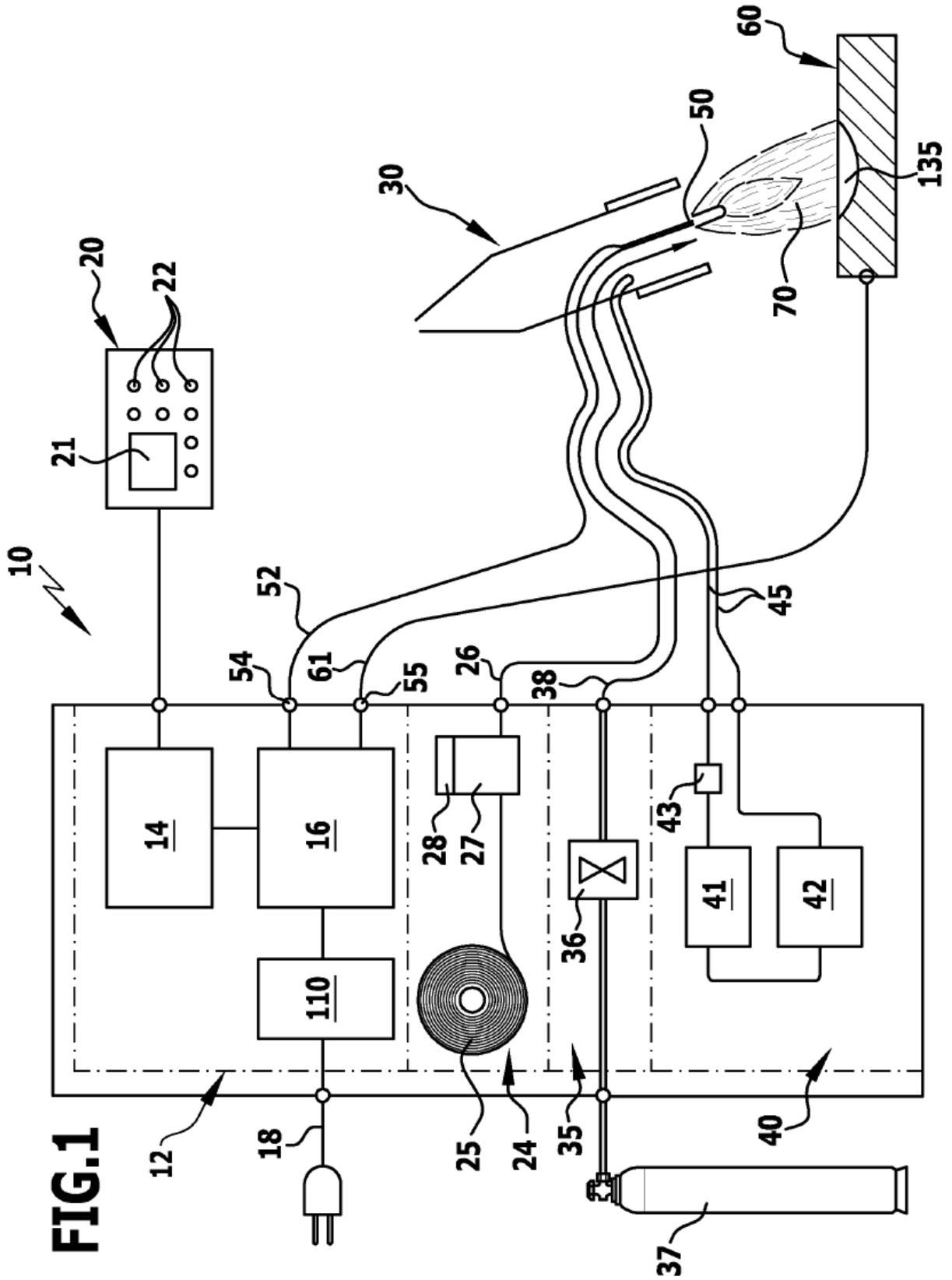


FIG.2

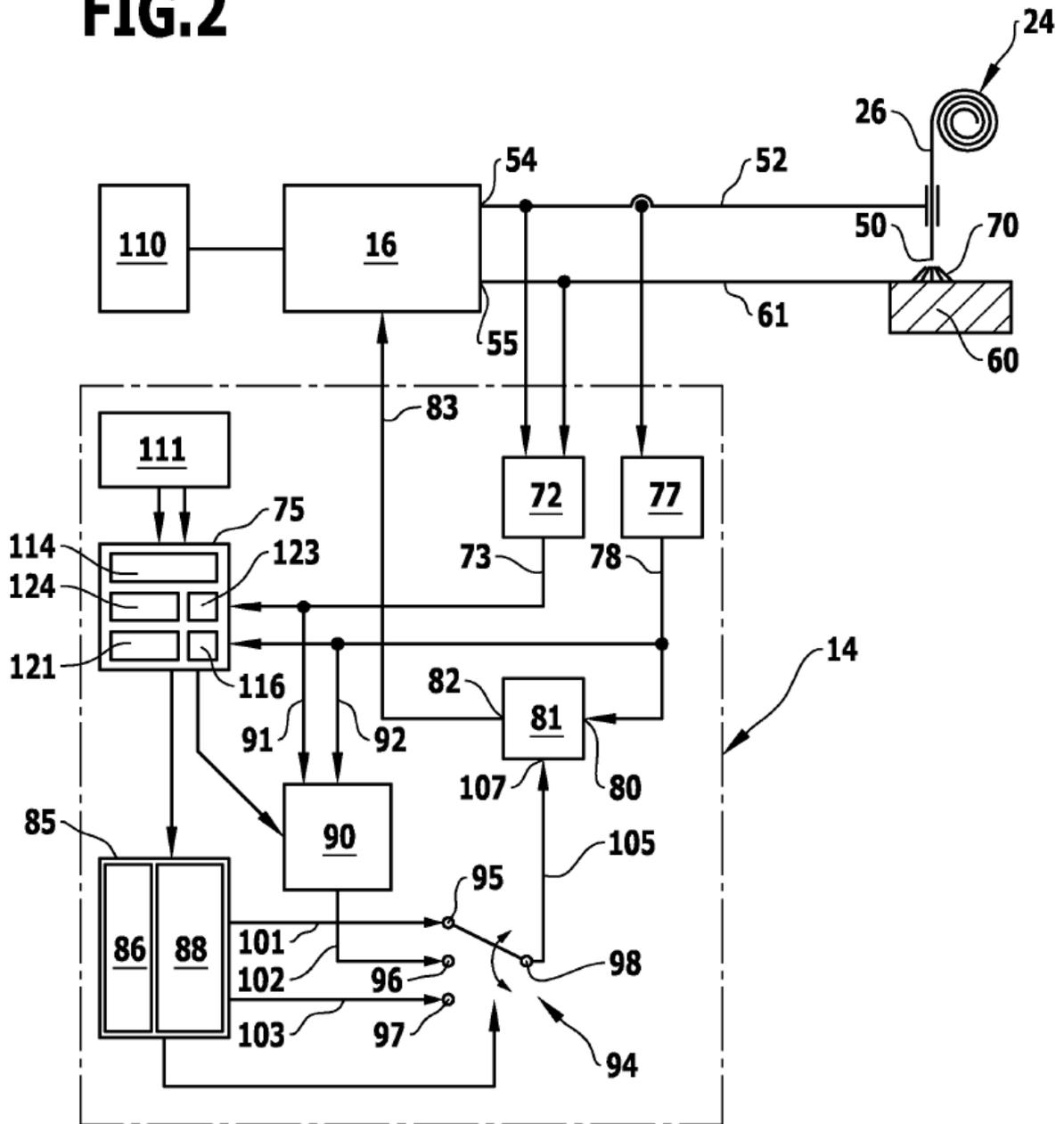


FIG.3

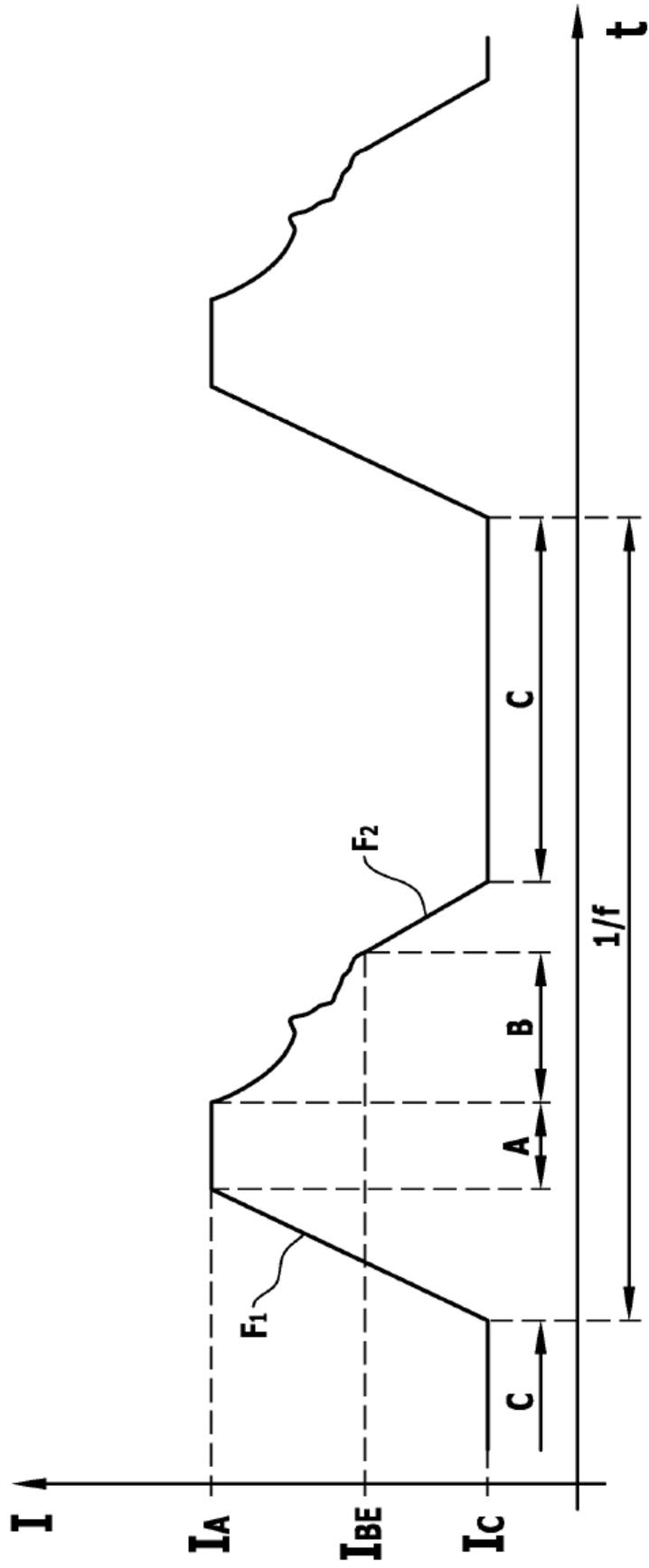


FIG.4

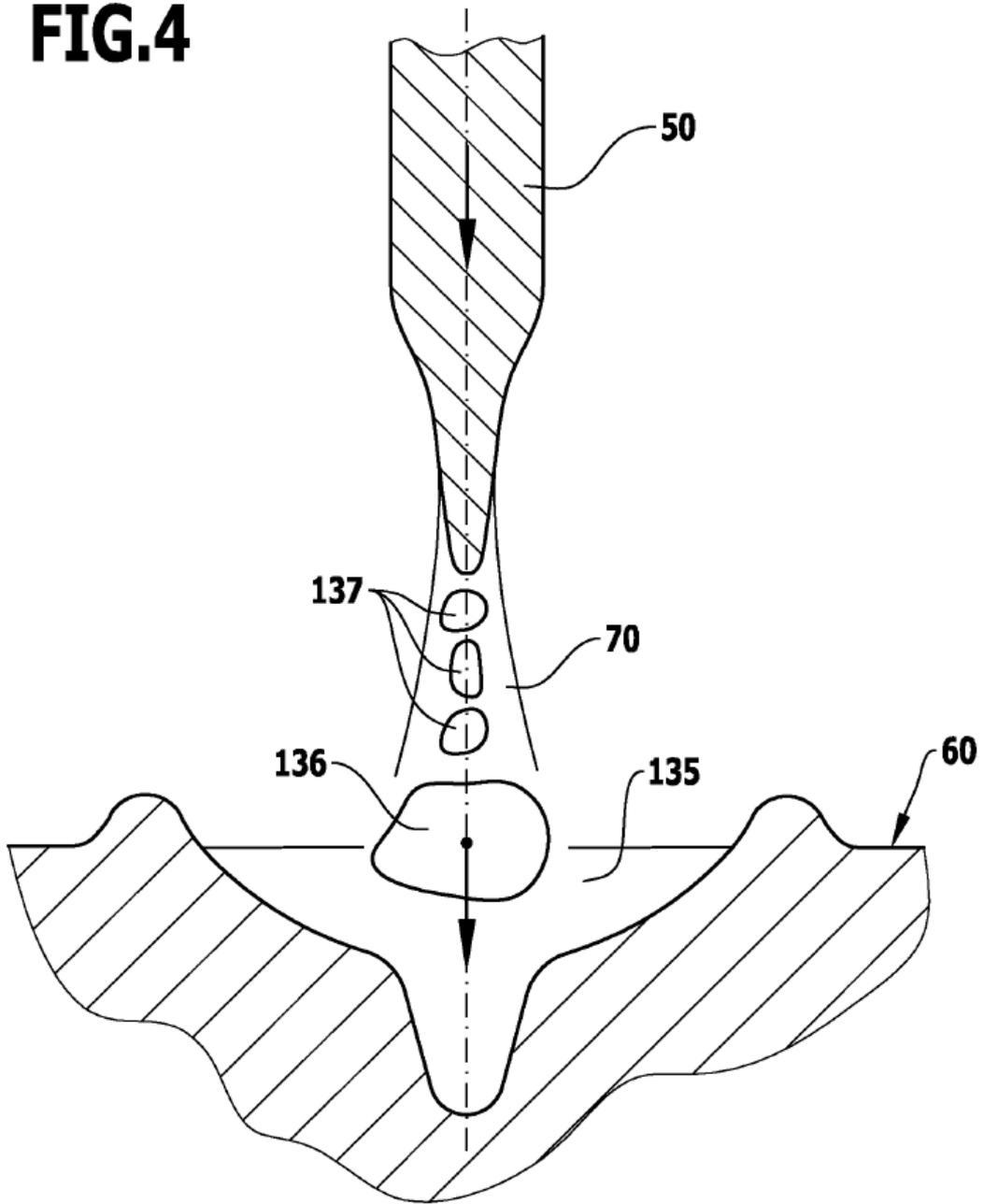


FIG.5

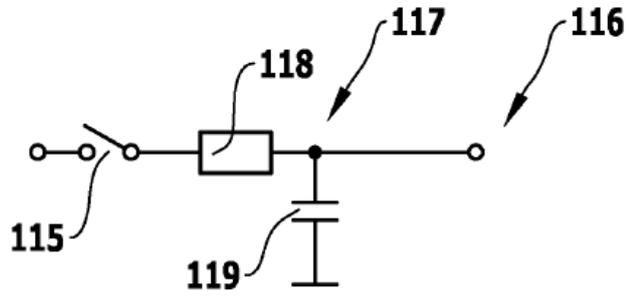


FIG.6

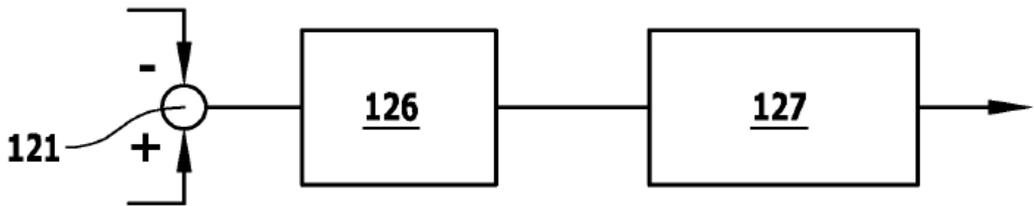


FIG.7

