(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 17 685 T2** 2005.12.22

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 103 329 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 17 685.1**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 310 394.2**
(96) Europäischer Anmeldetag: **23.11.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.05.2001**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **26.01.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.12.2005**

(51) Int Cl.[7]: **B23K 9/09**

(30) Unionspriorität:
33323499 24.11.1999 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, CH, DE, GB, IT, LI

(73) Patentinhaber:
Daihen Corp., Osaka, JP

(74) Vertreter:
Müller-Boré & Partner, Patentanwälte, European Patent Attorneys, 81671 München

(72) Erfinder:
Tong, Honjyun, Takatsuki-shi, Osaka-Fu, JP; Ueyama, Tomoyuki, Taki-gun, Hyogo-ken, JP; Takahashi, Norihito, Takatsuki-shi, Osaka-fu, JP; Shiozaki, Hideo, 1-chome, Osaka-fu, JP; Mondori, Hiroyasu, Kyoto-shi, Kyoto-fu, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Steuern eines AC-gepulsten Lichtbogenschweissens**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf die Technik von AC- bzw. wechselstrom-gepulstem Lichtbogenschweißen unter Verwendung einer verbrauchbaren Elektrode und genauer auf ein Verfahren zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens mit verbrauchbarer bzw. Abbrandelektrode, welches effizient bzw. effektiv ist, um eine Bogenunterbrechung zu vermeiden, welche möglicherweise beim Neuzünden nach einem Polaritätsschalten der Elektrode auftritt, wodurch eine hohe Schweißqualität in einem Werkstück, das zu verschweißen ist, zur Verfügung gestellt wird.

[0002] Das AC-gepulste Lichtbogenschweißen ist in der Technik gut bekannt und ist ein Verfahren bzw. Prozeß, wobei, während ein Schweißdraht mit einer vorbestimmten Zufuhrgeschwindigkeit zugeführt wird, ein erstes einen Bogen bzw. Lichtbogen bildendes Intervall, wobei der Schweißdraht, der sind einer positiven Polarität gehalten ist (welches Intervall nachfolgend als "EP (Elektroden-positives) Bogenintervall" bezeichnet wird), worin ein Bogen zwischen dem Schweißdraht und dem Werkstück, das zu verschweißen ist, ausgebildet wird, welche dann auf positive bzw. negative Pole polarisiert sind, und ein zweites einen Bogen bildendes Intervall, wobei der Schweißdraht auf einer negativen Polarität gehalten ist (welches Intervall nachfolgend als ein "EN (Elektroden-negatives) Bogenintervall" bezeichnet ist), wobei ein Bogen zwischen dem Schweißdraht und dem Werkstück, das zu verschweißen ist, generiert bzw. erzeugt wird, die dann auf negative bzw. positive Pole polarisiert sind, und abwechselnd wiederholt wird. Dementsprechend fließt der Schweißstrom von dem Schweißdraht zu dem zu verschweißenden Werkstück während des EP-Bogenintervalls und von dem zu verschweißenden Werkstück zu dem Schweißdraht während des EN-Bogenintervalls.

[0003] Das AC-gepulste Lichtbogen-Schweißverfahren wird hauptsächlich für ein Verschweißen von Aluminium, Aluminiumlegierung, rostfreiem Stahl, Stahl oder dgl. verwendet und wird häufig insbesondere angewendet, wo das zu verschweißende Werkstück in der Form einer dünnen Platte aus irgendeinem dieser Materialien vorliegt, das einige wenige Millimeter oder weniger in der Dicke ist. Der Grund für eine häufige Verwendung des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens beim Verschweißen der dünnen Platte wird nun diskutiert.

[0004] In der Praxis des AC- bzw. wechselstrom-gepulsten Lichtbogenschweißens nimmt das zu verschweißende Werkstück einen negativen Pol während des EP-Bogenintervalls ein und der Wärmeeintrag zu dem Werkstück erhöht sich als ein Ergebnis eines Spannungsabfalls an dem negativen Pol. Andererseits nimmt das zu verschweißende Werkstück einen positiven Pol während des EN-Bogenintervalls an und die Wärmeeingabe bzw. der Wärmeeintrag zu dem Werkstück tritt als ein Ergebnis eines Spannungsabfalls an dem positiven Pol auf, wobei jedoch das Ausmaß der an dem positiven Pol abgefallenen Spannung so klein ist verglichen mit jenem an dem negativen Pol, daß die Wärmeeingabe zu dem Werkstück absinken bzw. abnehmen wird. Dementsprechend kann, wenn ein Zeitverhältnis zwischen dem EP-Bogenintervall und dem EN-Bogenintervall bzw. der Bogenperiode gesteuert bzw. geregelt ist bzw. wird, die Größe der Wärmeeingabe zu dem Werkstück wie gewünscht eingestellt werden. In dem Fall, daß die dünne Platte zu verschweißen ist, tendiert ein übermäßig großer Wärmeeintrag zu dem Werkstück dazu, in einem Durchbrennen zu resultieren, und ein übermäßig kleiner Wärmeeintrag zu dem Werkstück tendiert dazu, in einer unvollständigen Penetration bzw. Durchdringung zu resultieren, was jeweils ein Schweißdefekt ist. Dementsprechend ist das AC-gepulste Lichtbogenschweißen, in welchem der Wärmeeintrag zu dem Werkstück gesteuert bzw. geregelt werden kann, tatsächlich für ein Verschweißen von dünnen Platten geeignet.

[0005] Fig. 1 ist ein Diagramm, das für Änderungen in dem Schweißstrom und der Spannung Iw und Vw mit der Zeit illustrativ ist, welche in zeitlicher Beziehung zueinander gezeigt sind. Das AC-gepulste Lichtbogen-Schweißverfahren wird nun unter Bezugnahme auf die in Fig. 1 gezeigten Diagramme diskutiert.

(1) Zeitpunkte t1 bis t2: (Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp)

[0006] Wie dies durch die Wellenform Iw gezeigt ist, wird ein Spitzenstrom Ip während der Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp zugeführt, wobei der Schweißdraht auf einen positiven Pol gesetzt ist. Im allgemeinen sind die Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp und der Spitzenstrom Ip vorab auf entsprechende Werte festgelegt, die ausreichend sind, um einem einzigen geschmolzenen Topfen von Schweißdraht zu ermöglichen, der dann als ein Ergebnis einer Bogenerhitzung geschmolzen wird, für jeden Puls übertragen zu werden. Auch wird, wie dies durch die Wellenform Vw gezeigt ist, während der Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp eine Spitzenspannung Vp entsprechend dem Spitzenstrom Ip zwischen dem Schweißdraht und dem zu verschweißenden Werkstück zugeführt, welche dann positiv bzw. negativ gehalten sind.

(2) Zeitpunkte t2 bis t3: (EN Stromzufuhrzeit Ten)

[0007] Zum Zeitpunkt t2 wird die EP-Polarität (d.h. die Polarität des Schweißdrahts, welcher positiv gehalten ist) zu der EN-Polarität geschaltet (d.h. der Polarität des Schweißdrahts, welche negativ gehalten ist), und es, wird wie dies durch die Wellenform Iw gezeigt wird, ein EN-Strom Ien während der EN-Strom-

zufuhrzeit Ten zugeführt. Im allgemeinen sind die EN-Stromzufuhrzeit Ten und der EN-Strom Ien vorher auf entsprechende geeignete Werte festgelegt, die in Abhängigkeit von der Art des Materials für das Werkstück, das zu verschweißen ist, der Plattendicke, der Form bzw. Gestalt desselben unter anderen bestimmt sind.

[0008] Auch wird, wie dies durch die Wellenform Vw gezeigt ist, ein Bogen, der während einer Dauer der EP-Polarität generiert bzw. erzeugt wird, zum Zeitpunkt t2 gelöscht, und es ist, damit der Bogen, der momentan während der nachfolgenden Dauer der EN-Polarität wieder zu zünden ist, notwendig, daß eine hohe Neu- bzw. Wiederzündspannung Vrs von etwa 200 bis etwa 500 Volt zum Zeitpunkt der Polaritätsschaltung bzw. -umschaltung abgelegt bzw. angewandt wird. In dem Fall, daß die Wiederzündspannung Vrs nicht angelegt wird oder zum Zeitpunkt des Polaritätsschaltens zu niedrig ist, wird der Bogen nicht länger während der Dauer der EN-Polarität neu bzw. wieder gezündet und eine Bogenunterbrechung kann daher resultieren. Andererseits wird, wenn der Bogen während der Dauer der EN-Polarität als ein Ergebnis eines Anlegens der Wiederzündspannung Vrs zum Zeitpunkt t2 wieder gezündet wird, eine EN-Spannung Ven entsprechend dem EN-Strom Ien während der EN-Stromzufuhrzeit Ten zwischen dem Schweißdraht und dem zu verschweißenden Werkstück angelegt, die dann negativ bzw. positiv gehalten sind.

(3) Zeitpunkt t3 bis t4: (Basisstrom-Zufuhrzeit Tb)

[0009] Zum Zeitpunkt t3 wird die EN-Polarität neuerlich von der EP-Polarität wieder aufgenommen und es wird, wie dies durch die Wellenform Iw gezeigt ist, ein Basisstrom Ib während der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb zugeführt. Diese Basisstrom-Zufuhrzeit Tb wird durch eine Basisstrom-Zufuhrzeitsteuerung bzw. -regelung (nachfolgend als "Tb-Steuerung bzw. -Regelung" bezeichnet) bestimmt, wie dies später beschrieben werden wird. Spezifisch ist bzw. wird die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb so bestimmt, daß die Summe eines Integrals des Unterschieds bzw. der Differenz zwischen der Spitzenspannung Vp und einer vorab festgelegten Spannung Vs während der Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp, d.h. $\int(Vp - Vs)dt$ und ein Integral der Differenz zwischen der Basisspannung Vb und der vorher festgelegten Spannung Vs während der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb, d.h. $\int(Vb - Vs)dt$ im wesentlichen null sein wird, wie dies durch die folgende Gleichung gezeigt ist.

$$\int(Vp - Vs)dt + \int(Vb - Vs)dt = 0 \ldots. \quad (1)$$

[0010] Ebenfalls wird, wie dies durch die Wellenform Vw gezeigt ist, der Bogen, der während der Dauer der EN-Polarität generiert bzw. erzeugt wird, zum Zeitpunkt t3 gelöscht, und es ist, damit der Bogen momentan während der nachfolgenden Dauer der EP-Polarität wieder zu zünden ist, notwendig, daß eine hohe Wiederzündspannung Vrs wie in dem Fall angelegt wird, welcher während der EN-Stromzufuhrzeit Ten auftritt.

[0011] Wenn der Bogen während der Dauer der EP-Polarität wieder gezündet wird, wird eine Basisspannung Vb entsprechend dem Basisstrom Ib während der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb zwischen dem Schweißdraht und dem zu verschweißenden Werkstück angelegt, die dann positiv bzw. negativ gehalten sind.

[0012] Nachfolgend auf den Zeitpunkt t4 werden die Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp, die EN-Stromzufuhrzeit Ten und die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb sequentiell wiederholt, um das Lichtbogenschweißen auszuführen.

[0013] Fig. 2 illustriert ein Blockdiagramm der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung gemäß dem Stand der Technik, die in der Praxis des oben diskutierten AC- bzw. wechselstrom-gepulsten Schweißverfahrens verwendet wird. Bezugnehmend auf Fig. 2 ist die Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung, die hier gezeigt ist, gemäß dem Stand der Technik elektrisch durch ein kommerzielles Wechselstrom-Netzwerk mit Leistung versorgt, vorherrschend mit dreiphasigen 200/220 Volt.

[0014] Die dargestellte bzw. illustrierte Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung beinhaltet eine Ausgabe-Steuer- bzw. -Regelschaltung INV, welche aus einer ersten Gleichrichterschaltung zum Gleichrichten eines Wechselstroms von der kommerziellen Wechselstrom-Versorgung bzw. dem Netzwerk, eine Glättschaltung zum Glätten der gleichgerichteten Spannung, die eine Welligkeit aufweist, eine Inverterschaltung, um die geglättete Gleichstromspannung in einen Hochfrequenz-Wechselstrom umzuwandeln, eine Antriebsschaltung, um einen Leistungstransistor anzutreiben, der ein Teil der Inverterschaltung bildet, und eine PWM-Steuer- bzw. -Regelschaltung, die ein Fehlerverstärkungssignal Ea, wie dies später beschrieben werden wird, als ein Steuer- bzw. Regelsignal zum Ausführen einer PWM-Steuerung bzw. -Regelung der Inverterschaltung verwendet.

[0015] Ein Hochfrequenz-Transformator INT ist betätigbar bzw. betreibbar, um den Hochfrequenz-Wechselstrom nach unten auf eine Spannung abzusenken, die für eine Bogenschweißlast geeignet ist.

[0016] Die Gleichrichter D2a bis D2d, die mit der sekundären Wicklung des Hochfrequenz-Transformators INT verbunden sind, werden verwendet, um den Hochfrequenz-Wechselstrom mit abgesenkter Spannung in einen Gleichstrom gleichzurichten.

[0017] Eine Wiederzündspannungs-Anlegeschaltung VRS legt die Wiederzündspannung VRS an, wie dies unter Bezugnahme auf Fig. 1 diskutiert wurde, während eines Zeitraums an, in welchem sich ein EP- oder EN-Schaltungszeit-Wiederzündsignal Cp oder Cn, das zum Zeitpunkt eines EP-Polaritätsschaltens bzw. zum Zeitpunkt eines EN-Polaritätsschaltens generiert wird, wie dies später beschrieben werden wird, in einem Hoch-Niveau-Zustand befindet. Das EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp, das zum Zeitpunkt eines EP-Polaritätsschaltens erzeugt wird, befindet sich in einem Hoch-Niveau-Zustand bzw. Zustand eines hohen Niveaus bzw. Pegels während eines Zeitraums von einigen wenigen hundert Mikrosekunden zum Zeitpunkt eines Schaltens von der EN-Polarität zu der EP-Polarität, und während dieses Zeitraums wird die positive Wiederzündspannung Vrs zwischen einem Punkt eines Plus-Potential A1 (+) und einem Punkt eines Null-Potentials A0 (0 V) so angelegt, daß die positive Wiederzündspannung Vrs zwischen dem Schweißdraht **1** (+) und dem Werkstück **2**, das zu verschweißen ist (0 V), angelegt werden kann. Andererseits befindet sich das EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn, das zu dem Zeitpunkt eines EN-Polaritätsschaltens generiert wird, in einem Hoch-Niveau-Zustand während eines Zeitraums von wenigen hundert Mikrosekunden zum Zeitpunkt eines Schaltens von der EP-Polarität zu der EN-Polarität, und während dieses Zeitraums wird eine Wiederzündspannung Vrs, die unterschiedlich von der positiven Wiederzündspannung ist, auf die oben bezug genommen wurde, zwischen einem Punkt eines Minus-Potentials A2 (–) und dem Punkt eines Null-Potentials A0 (0 V) so angelegt, daß die negative Wiederzündspannung Vrs zwischen dem Schweißdraht **1** (–) und dem Werkstück **2**, das zu verschweißen ist (0 V), angelegt werden kann.

[0018] Ein EP-Polaritäts-Transistor PTR wird eingeschaltet, um das EP-Bogenintervall einzurichten, wenn ein EP-Polaritäts-Antriebssignal Pd, wie dies später beschrieben werden wird, in einem Hoch-Niveau-Zustand gehalten ist. Ein EN-Polaritäts-Transistor NTR wird eingeschaltet, um das EN-Bogensignal einzurichten, wenn ein EN-Polaritäts-Antriebssignal Nd, wie die später beschrieben wird, auf einem Zustand hohen Niveaus gehalten ist. Da das EP- und EN-Polaritäts-Antriebssignal Pd und Nd logisch umgekehrt zueinander sind, wird eines von ihnen in einem Niedrig-Niveau-Zustand gehalten, wenn das andere von diesem in einem Hoch-Niveau-Zustand gehalten ist, und vice versa. Eine Drosselspule WL glättet einen Strom, der Rippen bzw. Wellen aufweist und durch den EP-Polaritäts-Transistor PTR oder den EN-Polaritäts-Transistor NTR fließt und führt ihn dann zu einem Bogen **3** zu. Der Spitzenstrom Ip und der Basisstrom Ib während des EP-Bogenintervalls, das unter Bezugnahme auf Fig. 1 diskutiert wurde, fließt von D2a oder D2b zu dem zu verschweißenden Arbeitsstück **2** durch PTR, dann durch WL und schließlich durch den Schweißdraht **1**. Andererseits fließt der EN-Strom Ien während der EN-Bogenperiode von dem Werkstück **2**, das zu verschweißen ist, zu D2c oder D2d durch den Schweißdraht **1**, dann durch NTR und schließlich durch WL.

[0019] Der Schweißdraht **1** ist bzw. wird von einer Drahtzufuhrrolle **5a** einer Drahtzufuhreinheit abgezogen und wird mit einer vorbestimmten Zufuhrgeschwindigkeit zu einer Schweißfackel **4** zugeführt und ist elektrisch durch eine Kontaktspitze an einem distalen Ende der Schweißfackel mit Leistung versorgt, um dadurch einen Bogen **3** zwischen ihm und dem zu verschweißenden Werkstück **2** zu generieren bzw. zu erzeugen.

[0020] Eine Schweißspannungs-Detektionsschaltung VD ist betätigbar, um eine Schweißspannung Vw zu detektieren, die zwischen der Kontaktspitze und dem zu verschweißenden Werkstück oder zwischen Ausgabeanschlüssen der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung entwickelt ist, um ein Schweißspannungs-Detektionssignal VD zur Verfügung zu stellen. Eine Schweißspannungs-A/D-(analog-zu-digital)-Wandlerschaltung ADV ist mit dem Schweißspannungs-Detektionssignal Vd gespeist und gibt ein Schweißspannungs-A/D-Wandlersignal Adv aus, welches von einer analogen Art in eine digitale Art umgewandelt bzw. konvertiert wurde. Eine Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungsschaltung TP gibt ein vorbestimmtes Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp aus. Eine EN-Strom-Zufuhrzeit-Festlegungsschaltung TEN gibt vorbestimmtes EN-Strom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Ten aus. Eine Spitzenstrom-Einstell- bzw. Festlegungsschaltung IP gibt ein vorbestimmtes Spitzenstrom-Festlegungssignal IP aus. Eine Basisstrom-Festlegungsschaltung IB gibt ein vorbestimmtes Basisstrom-Festlegungssignal Ib aus. Eine EN-Strom-Festlegungsschaltung IEN gibt ein vorbestimmtes EN-Strom-Festlegungssignal Ien aus.

[0021] Eine Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC ist adaptiert, um das Schweißspannungs-A/D-Wandlersignal Adv, das Spannungs-Festlegungssignal Vs, das Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp, den EN-Strom-Zufuhrzeitpunkt Ten, das Spitzenstrom-Festlegungssignal Ip, das Basisstrom-Festlegungssignal Ib und das EN-Strom-Festlegungssignal Ien zu erhalten, und verarbeitet diese durch die Verwendung einer Software, um ein Strom-Festlegungssignal Is, ein Polaritäts-Schaltsignal Pn, ein EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp und ein EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn zur Verfügung zu stellen. Die Details der verwendeten Software, um die Signale Adv, Vs, Tp, Ten, Ip, Ib und Ien zu verarbeiten, um die Signale Is, Pn, Cp und Cn zur Verfügung zu stellen, werden später unter Bezugnahme auf Fig. 3 und Fig. 4 beschrieben. Die Details der Ausgabesignale, auf die oben bezug ge-

nommen wird, werden ebenfalls später unter Bezugnahme auf Fig. 5 beschrieben. Eine Antriebsschaltung DV ist adaptiert, um das Polaritäts-Schaltsignal Pn zu erhalten, um ein Hoch-Niveau-EP-Polaritäts-Antriebssignal Pd, wenn sich das Polaritäts-Schaltsignal Pn in einem Hoch-Niveau-Zustand befindet, und ein Hoch-Niveau-EN-Polaritäts-Antriebssignal Nd zur Verfügung stellen, wenn sich das Polaritäts-Schaltsignal Pn in einem Niedrig-Niveau-Zustand befindet.

[0022] Eine Stromfestlegungs-D/A-(digital-zu-analog)-Wandlerschaltung DAI ist adaptiert, um das Stromfestlegungssignal Is zu empfangen und um ein Stromfestlegungs-D/A-Umwandlungssignal Dai auszugeben, welches von einer digitalen Art bzw. Natur in eine analoge Art umgewandelt wurde. Eine Schweißstrom-Detektionsschaltung ID ist betätigbar, um einen Wechselstrom-Schweißstrom Iw zu detektieren und um dann das Schweißstrom-Detektionssignal Id auszugeben. Eine Schweißstrom-Absolutwert-Schaltung IA ist adaptiert, um das Schweißstrom-Detektionssignal Id zu empfangen und um dann ein Schweißstrom-Absolutwert-Signal Ia auszugeben, das für den Absolutwert des Detektionssignals Id hinweisend ist. Eine Fehlerverstärkungsschaltung EA ist betätigbar, um die Differenz zwischen dem Stromfestlegungs-D/A-Umwandlungssignal Dai und dem Schweißstrom-Absolutwert-Signal Ia zu verstärken und um dann ein Fehlerverstärkungssignal Ea auszugeben. Wie zuvor beschrieben, wird dieses Fehlerverstärkungssignal Ea als ein Steuer- bzw. Regelsignal verwendet, um eine Ausgabesteuerung bzw. -regelung der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung zu erzielen.

[0023] Mit dem oben diskutierten Schaltungsblockdiagramm ist es möglich, den Schweißstrom Iw entsprechend dem Stromeinstell- bzw. -festlegungssignal Is zuzuführen, und daher können der Schweißstrom Iw und die Schweißspannung Vw, die bei der Durchführung des AC-gepulsten Bogenschweißens erforderlich sind, das zuvor unter Bezugnahme auf Fig. 1 diskutiert wurde, ausgegeben werden.

[0024] Fig. 3 und Fig. 4 illustrieren entsprechende Flußdiagramme, die die auf Software basierende Sequenz einer Betätigung bzw. eines Betriebs der Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung gemäß dem Stand der Technik der oben diskutierten Art zeigen. Bezugnehmend auf diese Zeichnungen werden bis Schritt ST101 das Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp, das EN-Strom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Ten, das Spitzenstrom-Festlegungssignal Ip, das Basisstrom-Festlegungssignal Ib und das EN-Strom-Festlegungssignal Ien aus einer externen Einstell- bzw. Festlegungsschaltung in die Software eingelesen. Auch werden eine Wellenformzählervariable n und eine Spannungsdifferenz-Integralvariable Vi, welche beide eine Variable sind, die in der Software verwendet sind, auf null zurückgesetzt.

[0025] In bzw. bei Schritt ST102 wird eine Entscheidung getätigt, um zu bestimmen, ob eine Unterbrechung aufgetreten ist, und wenn eine Unterbrechung aufgetreten ist, gelangt der Programmfluß zu Schritt ST103, jedoch, wenn dies nicht so ist, wird gewartet, bis die Unterbrechung auftritt. Die Unterbrechung tritt für jede Unterbrechungszeit ΔT auf, die an einige zehn bis einige hundert Mikrosekunden vorab festgelegt ist. Die Softwarebearbeitung der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung beinhaltet in ihrer Gesamtheit zusätzlich zu der Softwarebearbeitung, die durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC durchgeführt wird, eine sequentielle Bearbeitung der Schweißdraht-Zufuhrsteuerung bzw. -regelung, einer Abschirmgas-Austragssteuerung und von anderen. Aus diesem Grund ist ein Unterbrechungsprozeß bzw. -verfahren erforderlich, so daß die Softwarebearbeitung durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC an Intervallen einer vorbestimmten Zeit ausgeführt werden kann.

[0026] Bei Schritt ST103 ist bzw. wird die Wellenform-Zählervariable n um 1 erhöht und das Spannungs-Festlegungssignal Vs wird aus einer externen Einstell- bzw. Festlegungsschaltung in die Software eingelesen.

[0027] Bei Schritt ST104 wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob das Produkt der Wellenform-Zählervariable n multipliziert mit der Unterbrechungszeit ΔT gleich oder kleiner als das Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp ist, und wenn es gleich oder kleiner als das Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST105, jedoch, wenn es dies nicht ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST108. Während des Flusses von den Schritten ST105 bis 107, welche stattfinden, wenn das Produkt der Wellenform-Zählervariablen n multipliziert mit der Unterbrechungszeit ΔT gleich oder kleiner als das Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp ist, wird ein Verfahren zum Schalten bzw. Umschalten auf die EP-Polarität und zum Zuführen des Spitzenstroms Ip ausgeführt bzw. durchgeführt.

[0028] In Schritt ST105 werden das Polaritäts-Schaltsignal Pn und das Stromfestlegungssignal Is für bzw. das Spitzenstrom-Festlegungssignal Ip substituiert. Wie zuvor diskutiert, wird, wenn das Polaritäts-Schaltsignal Pn 1 ist (ein Hoch-Niveau-Zustand), die EP-Polarität eingerichtet und das Stromfestlegungssignal Is wird das Spitzenstrom-Festlegungssignal Ip, und daher wird der Spitzenstrom Ip zugeführt.

[0029] Bei Schritt ST106 werden das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv und das Ba-

sisstrom-Festlegungssignal Ib aus einer externen Schaltung in die Software eingelesen.

[0030] Bei Schritt ST107 wird der Unterschied zwischen dem Schweißstrom-A/D-Umwandlungssignal Adv und dem Spannungsfestlegungssignal Vs zu der Spannungsdifferenz-Integralvariablen Vi addiert. In diesem Schritt wird der erste Term $\int$(Vp – Vs)dt der Integral- bzw. Integrationsgleichung (1) so ausgeführt, daß die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb entsprechend der Tb-Steuerung bzw. -Regelung basierend auf der zuvor diskutierten Gleichung (1) bestimmt werden kann.

[0031] Bei Schritt ST108 wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob das Produkt der Wellenform-Zählervariablen n multipliziert mit der Unterbrechungszeit ΔT gleich oder kleiner als die Summe des Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignals Tp und der EN-Stromzufuhrzeit Ten ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST109, jedoch, wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST111. Während des Programmflusses von Schritt ST109 und ST110, welcher stattfindet, wenn das Entscheidungsergebnis "JA" anzeigt, wird ein Verfahren zum Schalten bzw. Umschalten zu der EN-Polarität und zum Zuführen des EN-Stroms Ien ausgeführt.

[0032] Bei Schritt ST109 werden das Polaritäts-Schaltsignal Pn und das Stromfestlegungssignal Is für 0 bzw. das EN-Strom-Festlegungssignal Ien substituiert. Wie zuvor diskutiert wurde, wird, wenn das Polaritäts-Schaltsignal Pn 0 (ein Niedrig-Niveau-Zustand) ist, die EN-Polarität eingerichtet bzw. aufgebaut und das Stromfestlegungssignal Is wird das EN-Strom-Festlegungssignal Ien und daher wird der EN-Strom Ien zugeführt.

[0033] Bei Schritt ST110, der durch einen Übergang des Polaritäts-Schaltsignals von 1 zu 0 getriggert ist bzw. ausgelöst wird, wird das EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn auf 1 (einen Hoch-Niveau-Zustand) für eine sehr kurze Zeitdauer gesetzt. Bei diesem Schritt wird, da das EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn den Hoch-Niveau-Zustand für einen sehr kurzen Zeitraum einnimmt, unmittelbar nachdem es auf die EN-Polarität geschaltet wurde, die Wiederzündspannung Vrs während dieser Zeit angelegt.

[0034] Bei Schritt ST111 wird eine Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine, wie sie unter Bezugnahme auf Fig. 4 beschrieben ist, angefordert bzw. aufgerufen. Bei diesem Schritt wird die Polarität neuerlich zu der EP-Polarität geschaltet und eine Steuerung bzw. Regelung der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb wird ausgeführt, während welcher der Basisstrom Ib zugeführt wird.

[0035] Bei Schritt ST112 wird eine Entscheidung getätigt, um zu bestimmen, ob das Schweißen vervollständigt bzw. abgeschlossen ist, und wenn es "JA" ist, endet der Programmfluß, jedoch, wenn es "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST102 zurück.

[0036] Der vorhergehende Programmfluß wird an Intervallen der Unterbrechungszeit ΔT wiederholt.

[0037] Fig. 4 illustriert die Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine, die ein Teil der Softwarebearbeitung bildet. Bei Schritt ST201 wird das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv aus einer externen Schaltung in die Software eingelesen.

[0038] Bei Schritt ST202 wird der Unterschied bzw. die Differenz zwischen dem Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv und dem Spannungs-Festlegungssignal Vs zu der Spannungsdifferenz-Integralvariablen Vi addiert. In bzw. bei diesem Schritt wird, um die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb entsprechend der Tb-Steuerung bzw. -Regelung basierend auf der zuvor beschriebenen Gleichung (1) zu bestimmen, das integral des ersten Terms $\int$(Vp – Vs)dt der Integralgleichung (1) zu dem zweiten Term $\int$(Vb – Vs)dt der Integralgleichung (1) hinzugezählt, welche in diesem Schritt berechnet wird.

[0039] Bei Schritt ST203 wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob die Spannungsunterschieds-Integralvariable Vi gleich null ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST204, jedoch, wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST205. In diesem Schritt wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob die vorher beschriebene Gleichung (1) gilt, und wenn dies "JA" ist, wird der Programmfluß zum Beenden (Schritt ST204) der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb ausgeführt.

[0040] Bei Schritt ST204 werden die Wellenform-Zählervariable n und die Spannungsdifferenz-Integralvariable Vi auf null zurückgesetzt. Bei diesem Schritt wird ein Programmfluß zum Beenden der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb ausgeführt.

[0041] Bei Schritt ST205 werden das Polaritäts-Schaltsignal Pn und das Stromfestlegungssignal Is für 1 bzw. das Basisstrom-Festlegungssignal Ib substituiert. Wie vorher diskutiert wurde, wird, wenn das Polaritäts-Schaltsignal Pn 1, (ein Hoch-Niveau-Zustand) ist, die EP-Polarität eingerichtet und das Stromfestlegungssignal Is wird das Basisstrom-Festlegungssignal Ib, und daher wird der Basisstrom Ib zugeführt.

[0042] Bei Schritt ST206 wird, getriggert durch einen Übergang des Polaritäts-Schaltsignals von 0 auf 1 (d.h. ein Schalten bzw. Umschalten von der EN-Polarität zu der EP-Polarität), das EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp auf 1 (einen Hoch-Niveau-Zustand) für einen sehr kurzen Zeitraum gesetzt. Bei

diesem Schritt wird, da das EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp den Hoch-Niveau-Zustand für eine sehr kurze Zeit annimmt, unmittelbar nachdem es auf die EP-Polarität geschaltet wurde, die Wiederzündspannung Vrs während dieser Zeit angelegt.

[0043] Bei Schritt ST207 endet die Subroutine und der Programmfluß nimmt die Hauptroutine wieder an, die in Fig. 3 gezeigt ist.

[0044] Fig. 5 illustriert die Zeittafel, die in zeitlicher Beziehung entsprechende zeitabhängige Änderungen der verschiedenen Signale zeigt, die in der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung gemäß dem Stand der Technik aufscheinen, welche unter Bezugnahmen auf Fig. 2 bis Fig. 4 diskutiert wurde. Es ist festzuhalten, daß, da der Schweißstrom Iw, der zugeführt ist, dem Stromfestlegungssignal Is entspricht, ein Änderungsmuster des Schweißstroms Iw mit der Zeit im wesentlichen identisch mit dem Stromfestlegungssignal Is ist. In gleicher Weise ist, da das Detektionssignal, das für die Schweißspannung Vw hinweisend ist, dem Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv entspricht, ein Änderungsmuster der Schweißspannung Vw mit der Zeit im wesentlichen identisch mit dem Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv.

(1) Zeitpunkte t1 bis t2: (Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp)

[0045] Wie dies durch die Wellenform Is gezeigt ist, ist das Stromfestlegungssignal Is während dieser Zeit ein Spitzenstrom-Festlegungssignal Ip und der Spitzenstrom Ip wird zugeführt. Wie dies ebenfalls durch die Wellenform Adv gezeigt ist, ist das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv während dieser Zeit eine Spitzenspannung Vp, deren Wert höher als das Spannungs-Festlegungssignal Vs ist.

[0046] Wie dies durch die Wellenform Vi gezeigt ist, ist die Spannungsdifferenz-Integralvariable Vi ein berechneter Wert für des ersten Terms $\int(Vp - Vs)dt$ der zuvor diskutierten Gleichung (1) und da Vp > Vs, erhöht sich der Wert im Verlauf der Zeit. Wie dies durch die Wellenform Pn gezeigt ist, ist das Polaritäts-Schaltsignal Pn während dieser Zeit 1 (ein Hoch-Niveau-Zustand) und ist daher die EP-Polarität. Während dieser Zeit bleiben das EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp und das EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn null (ein Niedrig-Niveau-Zustand), wie dies durch ihre assoziierten Wellenformen gezeigt ist.

(2) Zeitpunkte t2 bis t3: (EN-Strom-Zufuhrzeit Ten)

[0047] Während dieser Zeit wird das Strom-Festlegungssignal Is das EN-Strom-Festlegungssignal Ien und der EN-Strom Ien wird daher zugeführt. Auch wird das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv die EN-Spannung Ven.

[0048] In bezug auf die Spannungsdifferenz-Integralvariable Vi während dieser Zeit variiert der berechnete Wert davon nicht, da keine Berechnung der zuvor beschriebenen Gleichung (1) durchgeführt wird. Das Polaritäts-Schaltsignal Pn während dieser Zeit ist null (ein Niedrig-Niveau-Zustand) und die EN-Polarität wird daher eingerichtet. Neuerlich bleibt das EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp während dieser Zeit null (ein Niedrig-Niveau-Zustand). Andererseits ist das EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn während dieser Zeit 1 (ein Hoch-Niveau-Zustand) für eine sehr kurze Zeitdauer unmittelbar nach dem Zeitpunkt t2 und die Wiederzündspannung Vrs wird während dieser Zeit angelegt.

(3) Zeitpunkte t3 bis t4: (Basisstrom-Zufuhrzeit Tb)

[0049] Während dieser Zeit wird das Strom-Festlegungssignal Is das Basisstrom-Festlegungssignal Ib und der Basisstrom Ib wird daher zugeführt. Auch das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv wird eine Basisspannung Vb, deren Wert niedriger als das Spannungs-Festlegungssignal Vs ist.

[0050] In bezug auf die Spannungsdifferenz-Integralvariable Vi nimmt sie einen berechneten Wert des ersten Terms $\int(Vp - Vs)dt$ der zuvor beschriebenen Gleichung (1) während der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t1 bis t3 ein, zusammen addiert mit dem berechneten Wert des zweiten Terms $\int(Vb - Vs)dt$ der vorher beschriebenen Gleichung (1) und da Vb < Vs, nimmt die Summe jener berechneten Werte im Verlaufe der Zeit ab. Zu dem Zeitpunkt t4 sinkt die Summe im wesentlichen auf null, zu welcher Zeit die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb endet.

[0051] Neuerlich ist das Polaritäts-Schaltsignal Pn während dieser Zeit 1 (ein Hoch-Niveau-Zustand) und die EP-Polarität ist daher eingerichtet. Das EP-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cp ist 1 (ein Hoch-Niveau-Zustand) für einen sehr kurzen Zeitraum unmittelbar nach dem Zeitpunkt t3 und die Wiederzündspannung Vrs ist angelegt. Andererseits bleibt das EN-Schaltzeit-Wiederzündsignal Cn während dieser Zeit null (Niedrig-Niveau-Zustand).

[0052] Gemäß dem durch Wechselstrom gepulsten bzw. AC-gepulsten Lichtbogen-Schweißverfahren gemäß dem Stand der Technik, das zuvor diskutiert wurde, wird eine Hochspannungs-Wiederzündspannung Vrs so gelegt, daß der einmal ausgelöschte Bogen momentan zum Zeitpunkt eines Polaritätsschalten wieder gezündet werden kann. Aus diesem Grund wird nahezu bzw. tatsächlich kein Bogenversagen, welches aus einem Versagen eines Wiederzündens zum Zeitpunkt des Polaritätsschaltens resultieren würde, auftreten.

[0053] Jedoch tritt in Abhängigkeit von dem Material, das für das zu verschweißende Werkstück verwendet wird, der Anwesenheit oder Abwesenheit eines Oxidfilms auf einer Oberfläche des zu verschweißenden Werkstücks, der Art des verwendeten Abschirmgases, der Gasabschirmbedingung und anderen eine Lichtbogenunterbrechung häufig für einige Millisekunden bis einige hundert Millisekunden nachfolgend auf das Wiederzünden des Bogens zum Zeitpunkt bzw. zur Zeit eines Polaritätsschaltens bzw. -umschaltens auf. Diese Bogenunterbrechung, nachfolgend auf das Wiederzünden, tritt in den meisten Fällen während der Dauer der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb auf. Sobald diese Bogenunterbrechung während des Verlaufs des Schweißens auftritt, werden Schweißeffekte, wie beispielsweise ästhetisch schlechte Schweißwulste, unzureichende Schweißpenetration bzw. -durchdringung, Abscheidung von relativ großen Spritzern und andere resultieren. Nachfolgend werden nun entsprechende Wellenformen des Schweißstroms Iw und der Schweißspannung Vw und die Art einer Bogenbildung zum Zeitpunkt, wenn die Bogenunterbrechung auftritt, wie dies oben diskutiert wird, nun diskutiert.

[0054] Bezugnehmend auf Fig. 6 wird gezeigt, wie sich der Schweißstrom Iw und die Schweißspannung Vw im Verlauf der Zeit verändern, wenn die Bogenunterbrechung nach dem Wiederzünden während der Dauer der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb auftritt.

(1) Während der Dauer der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb zwischen den Zeitpunkten t1 bis t3 tritt keine Bogenunterbrechung nach dem Wiederzünden auf und das AC-gepulste Bogenschweißen verläuft glatt.

(2) Zum Zeitpunkt t4 wird die EN-Polarität zu der EP-Polarität geschaltet und die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb beginnt, wenn bzw. wobei der Bogen einer EP-Polarität wieder gezündet wird.

(3) Nach dem Zeitpunkt t5 steigt die Basisspannung Vb abrupt an und zum Zeitpunkt t6 tritt die Bogenunterbrechung nach dem Wiederzünden auf.

(4) Diese Bogenunterbrechung setzt sich bis zum Zeitpunkt t7 fort, zu welchem ein Bogen als ein Ergebnis des Kontakts eines freien Endes des Schweißdrahts generiert bzw. erzeugt wird, der mit dem Werkstück, das zu verschweißen wird, zugeführt wird.

[0055] Fig. 7A und Fig. 7B sind schematische Diagramme, die zeigen, wie eine Bogenbildung während der Dauer der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb stattfindet. Spezifisch illustriert Fig. 7A die Bogenbildung während der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t1 bis t3 ohne Bogenunterbrechung, nachdem das Wiederzünden aufgetreten ist, wohingegen Fig. 7B die Bogenbildung während der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t4 bis t6 illustriert, wobei die Bogenunterbrechung nach dem Wiederzünden auftritt.

(1) Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t1 bis t3:

[0056] Wie dies in Fig. 7A gezeigt ist, wird die Polarität zu der EP-Polarität zum Zeitpunkt t1 geschalten, wobei das Werkstück **2** folglich auf einen negativen Pol polarisiert ist, und daher wird ein Bogen **3** mit einem negativen Punkt N11 wieder gezündet, der auf dem Werkstück **2** ausgebildet ist. Der negative Punkt, der auf dem Werkstück ausgebildet ist, hat eine Neigung, daß er auf einem Oberflächenabschnitt des Werkstücks ausgebildet wird, wo ein Oxidfilm existiert. Andererseits wurde, da die Bogenbildung eine Reinigungsfunktion zum Entfernen des Oxidfilms von der Werkstückoberfläche aufweist, der Oxidfilm unmittelbar unter dem Schweißdraht **1** bereits durch die Reinigungsfunktion der Bogenbildung während des Verlaufs des Schweißens entfernt. Das Ausmaß, bis zu welchem die Werkstückoberfläche gereinigt ist, variiert in Abhängigkeit von der Art des für das Werkstück, das zu verschweißen ist, verwendeten Materials, der Anwesenheit oder Abwesenheit des Oxidfilms auf der Werkstückoberfläche, der Art des verwendeten Abschirmgases, der Gasabschirmbedingung und anderen, wie dies hierin vorher diskutiert wurde. Es ist jedoch festzuhalten, daß zum Zeitpunkt t1 der negative Punkt N11 im wesentlichen unmittelbar unter dem Schweißdraht **1** ausgebildet ist bzw. wird und der Bogen **3** wieder gezündet wird. Nachfolgend setzt sich selbst zum Zeitpunkt t2 eine günstige Bogenbildung fort. Zum Zeitpunkt t3 hat, da der Spitzenstrom Ip fließt, der Bogen eine ansteigende Breite, wobei jedoch das günstige Bogenbilden immer noch fortgesetzt wird.

(2) Zeitspanne zwischen Zeitpunkten t4 bis t6:

[0057] Andererseits wird, wie dies in Fig. 7B gezeigt ist, zu dem Zeitpunkt t4 ein negativer Punkt N12 an einem Ort ausgebildet, der um einen Abstand X12 (mm) von einem Punkt unmittelbar unter dem Schweißdraht beabstandet ist, wo der Oxidfilm noch nicht gereinigt wurde, und der Bogen wird wieder gezündet. Nachfolgend wird bis zum Zeitpunkt t5 ein Oberflächenabschnitt des Werkstücks benachbart dem negativen Punkt N12 im wesentlichen reiner und zum Zeitpunkt t5 verschiebt sich der negative Punkt um einen Abstand X13 weiter zu einem Punkt N13, wobei der Abstand X13 größer als der Abstand X12 ist. Diese Verschiebung des negativen Punkts setzt sich im Verlauf der Zeit fort und daher wird der Bogen entsprechend verlängert, und schließlich kann zum Zeitpunkt t6 der Bogen nicht länger aufrechterhalten, was in einer Bogenunterbrechung resultiert. Zu diesem Zeitpunkt sind die Bogenlänge und die Schweißspannung Vw in einer proportionalen Beziehung zueinander und daher entspricht ein Anstieg der Basisspannung Vb nachfolgend auf den Zeitpunkt t6, der in der Tafel von Fig. 6 gezeigt ist, der oben diskutierten Verschiebung des negativen Punkts.

[0058] Ob die Bogenunterbrechung auftritt oder nicht, welche nach dem Wiederzünden auftritt, die während der Zeitspanne zwischen den Zeitpunkten t4 bis t6 auftritt, die oben diskutiert sind, hängt von der Art des Materials, das für das Werkstück, das zu verschweißen ist, verwendet wird, der Anwesenheit oder Abwesenheit des Oxidfilms auf der Werkstückoberfläche, der Art des verwendeten Abschirmgases, der Gasabschirmbedingung oder anderen ab, wie dies vorher diskutiert wurde. Beispielsweise wurde gefunden, daß die Bogenunterbrechung oft in dem Fall auftritt des AC-gepulsten MIG-Schweißens, in welchem das Werkstück, das zu verschweißen ist, aus einer Aluminiumlegierung gebildet ist, und 100% Argon für das Abschirmgas verwendet wird, des AC-gepulsten MIG-Schweißens, in welchem das Werkstück, das zu verschweißen ist, aus einem rostfreien Stahl gebildet ist und eine Mischung aus 98% Argon und 2% Sauerstoff als das Abschirmgas verwendet ist, und des AC-gepulsten MAG-Schweißens, in welchem das Werkstück, das zu verschweißen ist, aus Stahl gebildet ist und eine Mischung aus 80% Argon und 20% Kohlendioxid als das Abschirmgas verwendet wird. Wie zuvor diskutiert, werden, wenn bzw. sobald die Bogenunterbrechung auftritt, Schweißdefekte, wie beispielsweise ästhetisch schlechte Schweißwülste, eine unzureichende Schweißpenetration, eine Abscheidung von relativ großen Tropfen, usw. resultieren.

[0059] US-A-5990445 offenbart eine AC-gepulste Lichtbogen-Schweißvorrichtung mit einer verbrauchbaren Elektrode, welche fähig ist, zwischen Pulsbreiten umzuschalten, die in bezug auf harten Draht und weichen Draht umschaltbar sind.

[0060] Für jede ist die Schweißstromzufuhr ein Zyklus, der in eine Spitzenstrom-Zufuhrzeit eine Zufuhrzeit eines negativen Stroms und eine Basisstrom-Zufuhrzeit unterteilt ist.

[0061] Der Spitzenstrom und der Basisstrom sind positiv. Der Spitzenstrom ist ausreichend, um eine Tropfenübertragung zu erreichen, während der negative Strom und der Basisstrom dies nicht sind.

[0062] Somit entspricht dieses Dokument dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0063] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern bzw. Regeln eines AC- bzw. wechselstrom-gepulsten Lichtbogen-Schweißverfahrens mit verbrauchbarer Elektrode geoffenbart, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:
wiederholtes Ausführen eines Zyklus, beinhaltend:
ein Zuführen eines Spitzenstroms, der ausreichend ist, um einen Tröpfchentransfer während einer Spitzenstrom-Zufuhrzeit in einer Elektrode positiver Polarität zu erzielen, in welcher ein Schweißstrom von einem Schweißdraht zu einem zu schweißenden Werkstück zugeführt wird;
nachfolgend ein Zuführen eines Elektrodennegativstroms, der ausreichend ist, nicht den Tröpfchentransfer während einer Elektrodennegativstrom-Zufuhrzeit in einer Elektrode negativer Polarität zu erreichen, in welcher der Schweißstrom von dem zu schweißenden Werkstück zu dem Schweißdraht zugeführt wird; und
schließlich ein Zuführen eines Basisstroms, der ausreichend ist, nicht den Tröpfchentransfer während einer Basisstrom-Zufuhrzeit in die Elektrode positiver Polarität zu erreichen, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn die Anstiegsgeschwindigkeit bzw. -rate der Basisspannung während der Basisstrom-Zufuhrzeit höher als der vorbestimmte Diskriminanten-Wert ist, die Spitzenstrom-Zufuhrzeit für den nachfolgenden Zyklus von dem Zeitpunkt begonnen wird, zu welchem die Anstiegsgeschwindigkeit einen Wert höher als den vorbestimmten Diskriminanten-Wert erreicht, um dadurch den Spitzenstrom zuzuführen.

[0064] Die vorliegende Erfindung wird aus der folgenden Beschreibung von bevorzugten Ausbildungen derselben besser verstanden werden, die unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen vorgenommen wird, in welchen gleiche Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und in welchen:

[0065] Fig. 1 ein Flußdiagramm ist, das Änderungen im Schweißstrom und der Spannung mit der Zeit zeigt, die während der Ausführung des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß dem Stand der Technik auftreten;

[0066] Fig. 2 ein Blockdiagramm ist, das eine Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung zeigt, die im Zusammenhang mit dem AC-gepulsten Lichtbogenschweißen gemäß dem Stand der Technik verwendet wurde;

[0067] Fig. 3 ein Flußdiagramm ist, das ein Software-Verfahren zeigt, das durch eine Stromwellenform-Steuer- bzw. -regelschaltung ausgeführt wurde, die in der Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik angewandt wurde;

[0068] Fig. 4 ein Flußdiagramm ist, das eine Steuer- bzw. Regelsubroutine der Basisstrom-Zufuhrzeit (Tb) zeigt, die ein Teil des in Fig. 3 gezeigten Software-Verfahrens bildet;

[0069] Fig. 5 ein Zeitdiagramm ist, das verschiedene Wellenformen von Signalen zeigt, die in der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung auftreten, die im Zusammenhang mit dem AC-gepulsten Lichtbogenschweißen gemäß dem Stand der Technik verwendet wird, das in Fig. 2 bis Fig. 4 gezeigt ist;

[0070] Fig. 6 ein Diagramm ist, das Änderungen in

dem Schweißstrom und der Spannung mit der Zeit zeigt, die gezeigt ist, wenn während des Ausführens des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß dem Stand der Technik eine Bogenunterbrechung auftritt;

[0071] Fig. 7A und Fig. 7B schematische Diagramme sind, die den Bogen während unterschiedlicher Zeitspannen während einer Basisstrom-Zufuhrzeit zeigen;

[0072] Fig. 8 ein Diagramm ist, das Änderungen in dem Schweißstrom und der Spannung mit der Zeit zeigt, die während der Durchführung eines AC-gepulsten Lichtbogenschweißens auftreten, wobei das Diagramm verwendet wird, um ein erstes Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren zu erklären, welches in der Praxis eines Verfahrens zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens verwendet wird;

[0073] Fig. 9 ein Diagramm ähnlich zu Fig. 8 ist, das eine erste bevorzugte Ausbildung des Verfahrens zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens zeigt, in welchem das erste Bogenunterbrechungs-Verhinderungs- bzw. -Präventionsverfahren angewandt ist;

[0074] Fig. 10 ein schematisches Diagramm ist, das zeigt, wie der Bogen, sobald er einmal seitlich von dem normalen Verlauf verschoben wurde, zu einem negativen Punkt gezogen wird, welcher auf dem Werkstück, das zu verschweißen ist, unmittelbar unter einer Schweißfackel ausgebildet wird, um den normalen Verlauf als ein Ergebnis einer Anwendung eines Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens einzunehmen;

[0075] Fig. 11 ein schematisches Diagramm ist, das zeigt, wie sich der Bogen zu dem normalen Verlauf wieder zurückstellt, wenn der Bogenunterbrechungs-Präventionsstrom während der Ausführung der ersten Ausbildung des Steuer- bzw. Regelverfahrens angewandt wird, das in Fig. 9 gezeigt ist;

[0076] Fig. 12 ein Blockdiagramm ist, das eine Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung zeigt, die verwendet wird, um die erste Ausbildung des in Fig. 9 gezeigten Steuer- bzw. Regelverfahrens auszuführen;

[0077] Fig. 13 ein Flußdiagramm ist, das eine Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine zeigt, die im Zusammenhang mit der ersten Ausbildung des Steuer- bzw. Regelverfahrens verwendet wird;

[0078] Fig. 14 ein Diagramm ähnlich zu Fig. 8 ist, das eine zweite bevorzugte Ausbildung des Verfahrens zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens zeigt, in welchem das erste Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren angewandt ist;

[0079] Fig. 15 ein Flußdiagramm ist, das die Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine zeigt, die im Zusammenhang mit der zweiten Ausbildung des Steuer- bzw. Regelverfahrens verwendet ist;

[0080] Fig. 16 ein Diagramm ähnlich zu Fig. 8 ist, das eine erste bevorzugte Ausbildung des Verfahrens zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß der Erfindung zeigt, in welchem ein zweites Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren angewandt ist;

[0081] Fig. 17 ein Flußdiagramm ist, das die Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine zeigt, die im Zusammenhang mit der dritten Ausbildung des Steuer- bzw. Regelverfahrens verwendet ist;

[0082] Fig. 18 ein Diagramm ähnlich zu Fig. 8 ist, das eine zweite bevorzugte Ausbildung des Verfahrens zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, in welchem das zweite Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren angewandt ist;

[0083] Fig. 19 ein Flußdiagramm ist, das die Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine zeigt, die im Zusammenhang mit der vierten Ausbildung des Steuer- bzw. Regelverfahrens verwendet ist;

[0084] Fig. 20 ein Diagramm ist, das zeigt, wie das Steuer- bzw. Regelverfahren der vorliegenden Erfindung dem Steuer- bzw. Regelverfahren gemäß dem Stand der Technik überlegen ist, wenn ein AC-gepulstes Lichtbogenschweißen an einem Werkstück angewandt wird, das aus Aluminium gefertigt bzw. hergestellt ist;

[0085] Fig. 21 ein Diagramm ist, das zeigt, wie das Steuer- bzw. Regelverfahren der vorliegenden Erfindung dem Steuer- bzw. Regelverfahren gemäß dem Stand der Technik überlegen ist, wenn ein AC- bzw. wechselstrom-gepulstes Lichtbogenschweißen an einem Werkstück angewandt wird, das aus einer Aluminiumlegierung gefertigt ist;

[0086] Fig. 22 ein Diagramm ist, das zeigt, wie das Steuer- bzw. Regelverfahren der vorliegenden Erfindung dem Steuer- bzw. Regelverfahren gemäß dem Stand der Technik überlegen ist, wenn ein AC-gepulstes Lichtbogenschweißen an einem Werkstück angewandt wird, das aus rostfreiem Stahl gefertigt ist; und

[0087] Fig. 23 ein Diagramm ist, das zeigt, wie das Steuer- bzw. Regelverfahren der vorliegenden Erfindung dem Steuer- bzw. Regelverfahren gemäß dem Stand der Technik überlegen ist, wenn ein AC-ge-

pulstes Lichtbogenschweißen an einem Werkstück angewandt wird, das aus einem unlegierten Stahl gefertigt ist.

[0088] Gemäß einer beispielhaften Ausbildung der vorliegenden Erfindung wird, wie dies in Fig. 12 bis Fig. 19 (Ausbildung 4) gezeigt ist, eine Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung für das AC- bzw. wechselstrom-gepulste Lichtbogenschweißen eines Designs zur Verfügung gestellt, in welchem ein Zyklus eines Zuführens eines Spitzenstroms Ip, der ausreichend ist, um einen Tröpfchentransfer bzw. eine Tröpfchenübertragung während einer Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp in einer Elektrode positiver Polarität zu erreichen, in welcher ein Schweißstrom Iw von einem Schweißdraht zu einem Werkstück zugeführt wird, das zu verschweißen ist, eines nachfolgenden Zuführens eines Elektroden-negativen Stroms Ien, der ausreichend ist, um nicht den Tröpfchentransfer während einer Zufuhrzeit Ten eines negativen Elektrodenstrom in einer Elektrode negativer Polarität zu erzielen, in welcher der Schweißstrom Iw von dem Werkstück, das zu verschweißen ist, zu dem Schweißdraht zugeführt wird, und schließlich eines Zuführens eines Basisstroms Ib, der ausreichend ist, um nicht den Tröpfchentransfer während einer Basisstrom-Zufuhrzeit Tb in der Elektrode positiver Polarität zu erreichen, wiederholt wird. Die Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung des oben beschriebenen Designs beinhaltet:
einen Bogenunterbrechungs-Präventionsstrom-Festlegungsschaltkreis IC, um einen Bogenunterbrechungs-Verhinderungs- bzw. -Präventionsstrom Ic eines Werts höher als dem Basisstrom Ib festzulegen bzw. einzustellen; und
eine Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC, beinhaltend einen Schritt des Detektierens der Rate eines Anstiegs dVb/dt der Basisspannung während der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb, einen Schritt eines Bestimmens, ob die detektierte Rate bzw. Geschwindigkeit des Anstiegs höher als ein vorbestimmter Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu ist oder nicht, und einen Schritt eines Beginnens bzw. Initiierens einer Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tb für den nachfolgenden Zyklus, wenn ein Ergebnis der Bestimmung "JA" anzeigt, um dadurch ein Stromfestlegungssignal Is entsprechend dem Spitzenstrom Ip auszugeben, so daß die Zufuhr des Schweißstroms Iw durch das Stromfestlegungssignal Is gesteuert bzw. geregelt ist bzw. wird, um dadurch die Bogenunterbrechung zu vermeiden.

[0089] Fig. 8 ist ein Diagramm, das für Änderungen im Schweißstrom und der Spannung Iw und Vw mit der Zeit illustrativ ist, welche in zeitlicher Beziehung zueinander gezeigt sind. Das in Fig. 8 gezeigte Diagramm ist im wesentlichen identisch mit jenem, das in Fig. 6 gezeigt ist, jedoch sind Bemerkungen hinzugefügt, um zwei alternative Stromunterbrechungs-Präventionsverfahren zu illustrieren, die in der Praxis des Verfahrens zum Steuern bzw. Regeln des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens verwendet werden können. Jedes dieser Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren wird zuerst unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben.

[Erstes Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren]

(1) Wie dies unter (1) der Beschreibung diskutiert ist, die unter Bezugnahme auf Fig. 6 getätigt wurde, wird die Polarität zu der EP-Polarität zum Zeitpunkt t1 geschaltet und der Bogen wird neu bzw. wieder gezündet. Nachfolgend wird zum Zeitpunkt t12 eine vorbestimmte Detektionswartezeit Td [s] nach dem Wiederzünden eine Wiederzünd-Basisspannung Vc [V] detektiert und als eine vorherige Wiederzünd-Basisspannung Vc0 gespeichert. Die Detektionswartezeit Td ist auf einen Wert innerhalb des Bereichs von einigen wenigen hundert Mikrosekunden bis zu einigen wenigen Millisekunden vorab festgelegt bzw. eingestellt.
(2) Wie dies unter (2) der Beschreibung diskutiert ist, die unter Bezugnahme auf Fig. 6 getätigt wurde, wird die Polarität zu der EP-Polarität zu dem Zeitpunkt t4 geschaltet, der negative Punkt N12, der in Fig. 7 gezeigt ist, wird auf der Werkstückoberfläche ausgebildet, wobei der Bogen wieder gezündet ist bzw, wird. Nachfolgend wird zum Zeitpunkt t42 nach der vorbestimmten Detektionswartezeit Td die Wiederzünd-Basisspannung Vc [V] detektiert.
(3) Wie oben beschrieben, da der Bogen zum Zeitpunkt t42 eine Bogenlänge größer als jene zu dem Zeitpunkt t12 aufweist, Vc0 < Vc. Im Hinblick darauf macht das erste Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren Gebrauch von einem Detektionskriterium, bei welchem die Wiederzünd-Basisspannung Vc die Summe der vorherigen Wiederzünd-Basisspannung Vc0 und des vorbestimmten Wiederzünd-Basisspannungs-Bestimmungswerts ΔVc übersteigt, so daß die Bogenunterbrechung, welche nach dem Wiederzünden auftreten würde, vorausschauend detektiert werden kann.

[0090] Obwohl in dem vorhergehenden Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren für die vorherige Wiederzünd-Basisspannung Vc0 der zum Zeitpunkt der EP-Polaritäts-Umschaltung während des vorhergehenden Zyklus detektierte Wert verwendet wurde, kann ein Mittelwert von einigen wenigen bis einigen zehn detektierten Werten als die vorhergehende Wiederzünd-Basisspannung Vc0 verwendet werden. Weiters ist der Grund für die Detektion der Wiederzünd-Basisspannung Vc der vorbestimmten Detektionswartezeit Tb nach dem EP-Polaritätsschalten, da eine genaue Wiederzünd-Basisspannung Vc einen stabilisierten Zustand nach einem Erledigen einer Übergangsbedingung angenommen hat, die beim

EP-Polaritätsschalten auftritt. Dieses Verfahren bildet nicht Teil der vorliegenden Erfindung.

[Zweites Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren]

(1) Wie unter Punkt (2) der unter bezug auf Fig. 6 gemachten Beschreibung diskutiert, wird die Polarität zu der EP-Polarität zu dem Zeitpunkt t4 geschaltet, wobei der Bogen wieder gezündet ist bzw. wird. Nachfolgend wird, da sich der negative Punkt zu einem entfernten Punkt verschiebt, wie dies zuvor diskutiert wurde, der Bogen verlängert, und als ein Ergebnis davon, steigt die Basisspannung Vb an. Im Hinblick darauf verwendet das zweite Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren ein Detektionskriterium, bei welchem die Basisspannungs-Erhöhungsgeschwindigkeit bzw. -Anstiegsrate dVb/dt, die während der Basisspannungs-Zufuhrzeit Tb nach dem Zeitpunkt t4 delektiert wurde, den vorbestimmten Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu übersteigt, so daß die Bogenunterbrechung, welche nach dem Wiederzünden auftreten würde, antizipatorisch bzw. vorausschauend detektiert werden kann.

[Überblick über die Erfindung]

[0091] Die Basisstruktur der vorliegenden Erfindung ist, daß in dem AC-gepulsten Lichtbogen-Schweißverfahren und -gerät mit verbrauchbarer Elektrode, wobei ein Zyklus eines Zuführens eines Spitzenstroms Ip, der ausreichend ist, um einen Tröpfchentransfer während einer Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp in eine Elektrode positiver Polarität, in welcher ein Schweißstrom Iw von einem Schweißdraht zu einem Werkstück zugeführt wird, das zu verschweißen ist, eines nachfolgenden Zuführens eines Elektroden-negativen Stroms Ien, der ausreichend ist, um nicht den Tröpfchentransfer während einer Zufuhrzeit Ten eines Elektroden-negativen Stroms in eine Elektrode negativer Polarität zu erreichen, in welcher der Schweißstrom Iw von dem Werkstück, das zu verschweißen ist, zu dem Schweißdraht zugeführt wird, und schließlich eines Zuführens eines Basisstroms Ib, der ausreichend ist, um nicht den Tröpfchentransfer während einer Basisstrom-Zufuhrzeit Tb in der Elektrode positiver Polarität zu erreichen, wiederholt wird, eine Detektion zu einem vorbestimmten Zeitpunkt nach dem Zuführen des Basisstroms Ib begonnen wird, und nachdem der Wert, der von der Basisspannung detektiert wurde, einen vorbestimmten Diskriminantenwert übersteigt, der Strom eines Werts höher als der Basisstrom Ib zugeführt wird.

[0092] In der Praxis bzw. Durchführung des ersten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens, das in Fig. 8 gezeigt ist, wie dies später beschrieben werden wird, steht der Ausdruck "Wert detektiert aus der Basisspannung", auf den oben und nachfolgend Bezug genommen wird, für die Wiederzünd-Basisspannung Vc der Basisspannung Vb, und der vorbestimmte Diskriminantenwert steht für einen Wert des vorher detektierten Werts Vc0, welcher aus der Basisspannung Vb während des vorhergehenden Zyklus detektiert wurde, in welchem kein Bogen unterbrochen wurde, addiert mit einer vorbestimmten Wiederzünd-Basisspannungs-Bestimmungskonstante ΔVc.

[0093] In der Praxis des zweiten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens steht der Term bzw. Ausdruck "Wert, der aus der Basenspannung detektiert wurde", auf den oben und nachfolgend Bezug genommen wird, für die Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeit bzw. -rate dVb/dt, die während der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb berechnet ist, und der vorbestimmte Diskriminantenwert steht für den Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu.

[0094] Der Ausdruck "Strom eines Werts höher als der Basisstrom Ib", auf den oben und nachfolgend Bezug genommen wird, steht für den "Bogenunterbrechungs-Präventionsstrom Ic", welcher auf einen Wert höher als der Basisstrom Ib anstelle des Basisstroms Ib während eines Zeitraums von dem Zeitpunkt, zu welchem der Wert, der von der Basisspannung detektiert wurde, den vorbestimmten Diskriminantenwert übersteigt, zu dem Zeitpunkt festgelegt wird, zu welchem die Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp für den nachfolgenden Zyklus startet, wie dies in Fig. 9 und Fig. 16 gezeigt ist, wie dies später beschrieben werden wird.

[0095] Auch steht der Ausdruck "Strom eines Werts höher als der Basisstrom Ib", auf den oben und nachfolgend Bezug genommen wird, für den "Spitzenstrom Ip", in welchem der Strom eines Werts höher als der Basisstrom Ib die Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp für den nachfolgenden Zyklus von einem derartigen Zeitpunkt beginnt, wie dies in Fig. 14 und Fig. 18 gezeigt ist, wie dies beschrieben werden wird.

[0096] Nachfolgend werden einige Ausbildungen, Ausbildungen 1 bis 4 beschrieben. Spezifisch bezieht sich die erste Ausbildung, Ausbildung 1, auf eine kombinierte Verwendung des ersten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens und des Bogenunterbrechungs-Präventionsstroms Ic, wie dies in Fig. 9 und Fig. 13 gezeigt ist; die zweite Ausbildung, Ausbildung 2, davon bezieht sich auf eine kombinierte Verwendung des ersten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens und des Spitzenstrom Ip, wie dies in Fig. 14 und Fig. 15 gezeigt ist; die dritte Ausbildung, Ausbildung 3, davon bezieht sich auf eine kombinierte Verwendung des zweiten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens und des Bogenunterbrechungs-Präventivstroms Ic, wie dies in Fig. 16 und Fig. 17 gezeigt ist; und die dritte Ausbildung,

Ausbildung 3 davon bezieht sich auf eine kombinierte Verwendung des zweiten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens und des Spitzenstroms Ip.

[0097] Indem nun auf Fig. 9 bezug genommen wird, wird ein Diagramm gezeigt, das Änderungen in dem Schweißstrom und der Spannung mit der Zeit zeigt, die während einer Durchführung eines AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß einer ersten Ausbildung auftreten, in welcher das erste Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren angewandt wird. In dieser Figur wird zu dem Zeitpunkt t42 in dem Fall von $Vc \geq Vc0 + \Delta Vc$, der durch das erste Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren bestimmt ist, das unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben ist, ein vorbestimmter Bogenunterbrechungs-Verhinderungs- bzw. -Präventivstrom Ic eines Werts, höher als der Basisstrom Ib zugeführt. Als ein Ergebnis der Zufuhr dieses Bogenunterbrechungs-Präventionsstroms Ic wird der Bogen auf einen normalen Weg bzw. Kurs gezogen, dessen Längsachse mit einer Zufuhrrichtung des negativen Punkts des Schweißdrahts aus dem Grund übereinstimmt, wie dies nachfolgend unter bezug auf Fig. 10 beschrieben wird, und der einmal an einem entfernten Ort gebildete, negative Punkt wird neu an einem Ort unmittelbar unter dem Schweißdraht ausgebildet. Dementsprechend fällt nach dem Zeitpunkt t42 die Basisspannung Vb ab und es tritt keine Bogenunterbrechung auf. Danach wird zum Zeitpunkt t7 der Spitzenstrom Ip zugeführt, wobei der Bogen in einem günstigen Zustand aufrechterhalten wird. Der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic wird gewählt, um ein geeigneter Wert unter Berücksichtigung der Art von Material, das für das zu verschweißende Werkstück verwendet wird, des mittleren Schweißstroms, der Art des Abschirmgases, das verwendet wird, und anderen zu sein, wie dies vorher diskutiert wurde. Es ist jedoch festzuhalten, daß der vorbestimmte Wert für den Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic höher als der Basisstrom Ib sein muß und auch höher als der Spitzenstrom Ip sein kann.

[0098] Fig. 10 illustriert die Bedingung bzw. den Zustand des Bogens der sich zum Zeitpunkt t42 des Diagramms von Fig. 9 entwickelt hat, das zeigt, wie der Bogen, sobald er einmal seitlich von dem normalen Weg verschoben wird bzw. wurde, zu dem negativen Punkt gezogen wird, welcher auf dem zu verschweißenden Werkstück unmittelbar unter einer Schweißfackel ausgebildet wird, um den normalen Weg als ein Ergebnis einer Anwendung eines Bogenunterbrechungs-Präventivstroms zu nehmen.

[0099] Wie dies in Fig. 10 gezeigt ist, wird, wobei der Schweißstrom Iw von dem Schweißdraht **1** zu dem Werkstück **2**, das zu verschweißen ist, fließt, der Bogen **3** zwischen der Spitze des Schweißdrahts **1** und dem negativen Punkt N21 entwickelt, der auf dem Werkstück **2** ausgebildet ist. Durch die Wirkung des Schweißstroms Iw, der durch den Bogen **3** fließt, wird ein Magnetfeld entwickelt, wie dies in Fig. 10 gezeigt ist. Zum Zeitpunkt, da der Bogen **3** von dem normalen Kurs bzw. Weg in einer Richtung (a – N21) seitlich nach rechts, wie dies hier gezeigt ist, verschoben wird, wirkt eine Kraft F, die dazu tendiert, den Bogen **3** in einer Richtung (a – b) zu dem normalen Kurs zu ziehen. Die Eigenschaft des Bogens, der in einer Richtung gezogen ist bzw. wird, die erforderlich ist, um den normalen Weg einzunehmen, wird als eine Bogensteifigkeit bezeichnet. Allgemein ist, je größer der Neigungswinkel des Bogens ist, umso fester bzw. größer die Bogensteifigkeit. Auch ist, je höher der Strom ist, der fließt, umso stärker die Bogensteifigkeit.

[0100] Dementsprechend erhöht, beginnend von der Bedingung, in welcher der Bogen bemerkenswert in bezug auf den normalen Kurs geneigt ist, wie dies in Fig. 10 gezeigt ist, die Zufuhr des Bogenunterbrechungs-Präventivstroms Ic mit einem relativ hohen Wert die Bogensteifigkeit, wobei der Bogen folglich zu dem normalen Kurs (a – b) zurückgezogen wird.

[0101] Fig. 11 illustriert die Bogenbedingungen bzw. -zustände, die zum Zeitpunkt t42 auftreten, bei welchem der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic während der Ausführung des AC-gepulsten Bogenschweiß-Steuer- bzw. -Regelverfahrens zur vorliegenden Erfindung zugeführt wird, wie dies unter Bezugnahme auf Fig. 9 diskutiert ist. Wie dies darin gezeigt ist, wird unmittelbar vor dem Zeitpunkt t42 der Bogen deutlich geneigt. Zum Zeitpunkt t42, wenn der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic zugeführt wird, steigt die Bogensteifigkeit an, wie dies oben diskutiert wurde, was den Bogen dazu veranlaßt, daß er zurück zu dem normalen Weg gezogen wird, und daher wird unmittelbar nach dem Zeitpunkt t42 der negative Punkt neu an einem Ort unmittelbar unter dem Schweißdraht ausgebildet, wodurch es dem Bogen erlaubt wird, kontinuierlich ausgebildet zu sein bzw. zu werden, ohne daß er nach dem Wiederzünden unterbrochen wird.

[0102] Fig. 12 illustriert ein Blockdiagramm der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung, die im Zusammenhang mit dem AC-gepulsten Lichtbogenschweiß-Steuer- bzw. -Regelverfahren gemäß der ersten Ausbildung verwendet wird, die unter Bezugnahme auf Fig. 9 diskutiert wurde. Die Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung, die hier gezeigt ist, ist im wesentlichen ähnlich zu der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung gemäß dem Stand der Technik, die in Fig. 2 gezeigt ist, mit der Ausnahme, daß in der Praxis der vorliegenden Erfindung eine Bogenunterbrechungsstrom-Festlegungsschaltung IC und eine Detektionswartezeitpunkt-Einstell- bzw. -Festlegungsschaltung TD zusätzlich angewandt bzw. verwendet werden und mit der Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC verbunden sind, welche daher

in einer Weise unterschiedlich von jener funktioniert, wie sie in der Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung gemäß dem Stand der Technik angewandt ist.

[0103] Bezugnehmend auf Fig. 12 gibt die Bogenunterbrechungs-Präventivstrom-Festlegungsschaltung IC ein Bogenunterbrechungs-Präventivstrom-Festlegungssignal Ic an die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC aus. Die Detektionswartezeitpunkt-Festlegungsschaltung TD gibt ein Detektionswartezeitpunkt-Festlegungssignal Td an die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC aus.

[0104] Die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC erhält das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv, das Spannungs-Festlegungssignal Vs, das Spitzenstrom-Festlegungssignal Ip, das Basisstrom-Festlegungssignal Ib, das EN-Strom-Festlegungssignal Ien, das Bogenunterbrechungs-Präventivstrom-Festlegungssignal Ic und das Detektionswartezeitpunkt-Festlegungssignal Td und bearbeitet sie durch die Verwendung einer Software, um ein Stromfestlegungssignal Is, ein Polaritätsschaltsignal Pn, ein EP-Schaltzeitpunkt-Wiederzündsignal Cp und ein EN-Schaltpunktzeitpunkt-Wiederzündsignal Cn zur Verfügung zu stellen. Die Details der Software, die verwendet ist, sind unterschiedlich von jenen, die in der Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik verwendet wurden, wie dies unter Bezugnahme auf Fig. 3 und Fig. 4 diskutiert wurde, und werden später unter Bezugnahme auf Fig. 13 beschrieben.

[0105] Die Softwarever- bzw. -bearbeitung, die durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC ausgeführt wird, die in der ersten Ausbildung angewandt ist, ist im wesentlichen ähnlich zu jener, die in der Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik verwendet wurde, welche unter Bezugnahme auf Fig. 3 diskutiert wurde, mit Ausnahme der Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine. Dementsprechend wird in der folgenden Beschreibung nur ein Teil der Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine, welches sich von der in Fig. 4 gezeigten unterscheidet und welches durch die Stromwellenformsteuer- bzw. Regelschaltung WC ausgeführt wird, die in der ersten Ausbildung angewandt ist, beschrieben. Es ist festzuhalten, daß Blöcke von Schritten ST301 bis ST305, die durch die gepunkteten Linien in Fig. 13 gezeigt sind, jene sind, die einzig oder alleine gemäß der vorliegenden Erfindung hinzugefügt wurden und die nicht in der Subroutine angewandt sind, die in Fig. 4 gezeigt ist.

[0106] Indem nun auf Fig. 13 bezug genommen wird, wird bei Schritt ST301 das Detektionswartezeitpunkt-Festlegungssignal Td von einer externen Schaltung in die Software eingelesen, gefolgt von einem Entscheidungsschritt ST302. Bei Schritt ST302 wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob das Produkt der Wellenform-Zählervariablen n, multipliziert mit der Unterbrechungszeit ΔT, gleich der Summe des Spitzenstrom-Zufuhrzeitpunkt-Festlegungssignals Tp, des EN-Stromzufuhrzeitpunkt-Festlegungssignals Ten und des Detektions-Wartezeitpunkt-Festlegungssignals Td ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST303, jedoch wenn es "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST202. Es ist festzuhalten, daß der Entscheidungsschritt ST302 dazu dient, um zu bestimmen, ob es der Zeitpunkt ist, welcher eine Detektionswartezeit Td nachfolgend auf den Zeitpunkt des EP-Polaritäts-Schaltens auftritt.

[0107] In Schritt ST303 wird die Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc für die vorherige Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc0 substituiert. Zur selben Zeit wird das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv, das bei Schritt ST201 eingelesen wurde, ebenfalls für die Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc substituiert. Die Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc und die vorherige Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc0 sind jene, die durch die Software verwendet werden, und ein ursprünglicher bzw. Ausgangswert der Wiederzünd-Basisspannung Vc wird vorab festgelegt bzw. eingestellt.

[0108] Bei Schritt ST304 wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob die Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc gleich oder größer der Summe der vorherigen Wiederzünd-Basisvariablen Vc0 und der vorbestimmten Wiederzünd-Basisspannungs-Bestimmungskonstanten ΔVc ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST305, jedoch wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST202. Es ist festzuhalten, daß der Entscheidungsschritt ST304 derart ist, daß eine vorausschauende Bestimmung eines möglichen Auftretens der Bogenunterbrechung gemäß dem ersten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren ausgeführt wird. Es ist auch festzuhalten, daß die Wiederzünd-Basisspannungs-Bestimmungskonstante ΔVc eine Konstante ist, die in der Software verwendet wird.

[0109] Bei Schritt ST305 wird das Bogenunterbrechungs-Präventivstrom-Festlegungssignal Ic aus einer externen Schaltung in die Software gelesen und wird dann für das Basisstrom-Festlegungssignal Ib substituiert. Durch die Durchführung dieses Schritts ST305 fließt der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic in dem Fall, daß das mögliche Auftretens der Bogenunterbrechung detektiert ist bzw. wird (d.h. in dem Fall, daß ein Ergebnis einer Entscheidung bei Schritt ST304 "JA" ist).

[0110] Fig. 14 illustriert ein Diagramm, das Änderungen im Schweißstrom und der Spannung mit der

Zeit zeigt, die auftreten während der Durchführung des AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß einer. zweiten Ausbildung, in welcher das erste Bogenunterbrechungs-Präventivverfahren angewandt bzw. verwendet wird.

[0111] In dieser Figur fließt zum Zeitpunkt t42 in dem Fall, daß Vc ≥ Vc0 + Δ Vc, welches durch das erste Bogenunterbrechungs-Präventivverfahren bestimmt wird, das unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben ist, der Spitzenstrom Ip, welcher ein Wert höher als der Basisstrom Ib ist. Der Zeitpunkt, zu welchem der Spitzenstrom Ip zugeführt wird, wird durch die Tb-Steuerung bzw. Regelung basierend auf der zuvor diskutierten Gleichung (1) bestimmt, wobei jedoch, wenn die Bogenunterbrechung vorausahnend bzw. vorausschauend detektiert wird, der Spitzenstrom Ip zwangsweise unabhängig von der Tb-Steuerung bzw. Regelung zugeführt wird. Da, sobald der Spitzenstrom Ip zugeführt wird, die Bogensteifigkeit ansteigt, wie dies zuvor beschrieben wurde, wobei der Bogen folglich zu dem normalen Weg bzw. Kurs zurückgezogen wird, wird der negative Punkt neu an einem Ort unmittelbar unter dem Schweißdraht ausgebildet, und somit setzt sich eine günstige Bogenbildung fort, ohne daß sie durch die Bogenunterbrechung nachfolgend auf das Wiederzünden begleitet ist. Entsprechende spezifische Werte des Spitzenstroms Ip und der Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp zum Zeitpunkt der Bogenunterbrechung sind vorausschauend detektiert, können unterschiedlich von jenen sein, welche angewandt werden, wenn keine Bogenunterbrechung vorausschauend bzw. antizipatorisch detektiert ist.

[0112] Die Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung, die in der Ausführung der zweiten Ausbildung des AC-gepulsten Lichtbogenschweiß-Steuer- bzw. -Regelverfahrens verwendet wird, kann ähnlich jener sein, die in Fig. 12 gezeigt ist, mit der Ausnahme, daß die Softwarebearbeitung durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC ausgeführt wird. Die Softwarebearbeitung, die durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC in der Durchführung der zweiten Ausbildung der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird, ist in Fig. 15 gezeigt. Dementsprechend wird in der folgenden Beschreibung nur ein Abschnitt der Tb-Steuer- bzw. Regel-Subroutine, welcher sich von jenem unterscheidet, der in Fig. 13 gezeigt ist, beschrieben werden. Es ist festzuhalten, daß ein Block von Schritt ST401, der durch die gepunkteten Linien in Fig. 15 gezeigt ist, alleine hinzugefügt ist und nicht in der Subroutine angewandt ist, die in Fig. 13 gezeigt ist.

[0113] Bezugnehmend auf Fig. 15 wird bei Schritt ST401 eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob die Wiederzünd-Basisspannungsvariable Vc gleich wie oder größer als die Summe der vorherigen Wiederzünd-Basisspannungsvariablen Vc0 und der vorbestimmten Wiederzünd-Basisspannungs-Bestimmungskonstante ΔVc ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST204, jedoch wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST202. Dieser Entscheidungsschritt ist derart, daß eine antizipatorische Bestimmung eines möglichen Auftretens der Bogenunterbrechung gemäß dem ersten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahrens ausgeführt wird. Es ist auch festzuhalten, daß, wenn die Bogenunterbrechung vorausschauend detektiert ist (d.h. in dem Fall, daß ein Ergebnis der Entscheidung in Schritt ST401 "JA" ist), der Programmfluß zu Schritt ST204 geht, so daß der Spitzenstrom Ip durch Beenden der Basisstrom-Zufuhrzeit Tb und durch zwangsweises Beginnen der Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp zugeführt wird.

[0114] Bezugnehmend auf Fig. 16 ist ein Diagramm gezeigt, das Änderungen in dem Schweißstrom und der Spannung mit Zeit zeigt, die während einer Durchführung eines AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß der ersten Ausbildung gemäß der vorliegenden Erfindung auftreten, in welcher das zweite Bogenunterbrechungs-Präventivverfahren angewandt ist. In dieser Figur wird zu einem Zeitpunkt einer Detektionswartezeit Td nach dem Zeitpunkt t4 basierend auf dem zweiten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren, das zuvor unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben ist, die Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeit bzw. -rate dVb/dt von Zeit zu Zeit detektiert und dann wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob der detektierte Wert der Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeit größer als der vorbestimmte Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu ist. Zu dem Zeitpunkt 43, wenn ein Ergebnis der Entscheidung "JA" anzeigt, wird der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic eines Werts höher als der Basisstrom Ib zugeführt. Da bzw. wenn der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic zugeführt wird, steigt die Bogensteifigkeit an, wie dies zuvor beschrieben wurde, wobei der Bogen folglich zu dem normalen Weg zurückgezogen wird, und daher wird der negative Punkt neu an einem Ort unmittelbar unter dem Schweißdraht ausgebildet, und somit setzt sich ein günstiger Bogen fort, ohne daß er durch die Bogenunterbrechung nachfolgend auf das Wiederzünden begleitet ist.

[0115] Die Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung, die in der Ausführung der ersten Ausbildung des AC- bzw. wechselstrom-gepulsten Lichtbogenschweiß-Steuer- bzw. -Regelverfahrens verwendet wird, kann ähnlich zu jener sein, die in Fig. 12 gezeigt ist, mit der Ausnahme, daß die Softwarebearbeitung durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC ausgeführt wird. Die Softwarebearbeitung, die durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC in der Ausführung der dritten Ausbildung der vorliegenden Erfindung ausgeführt

wird, ist in Fig. 17 gezeigt. Entsprechend wird in der folgenden Beschreibung nur ein Bereich der Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine, welche sich von jener unterscheidet, die in Fig. 13 gezeigt ist, beschrieben werden. Es ist festzuhalten, daß Blöcke von Schritten ST501 bis ST504, die durch die gepunkteten bzw. strichlierten Linien in Fig. 17 gezeigt sind, jene sind, die alleine hinzugefügt wurden und die nicht in der Subroutine angewandt sind, die in Fig. 13 gezeigt ist.

[0116] Indem nun auf Fig. 17 bezug genommen wird, wird bei Schritt ST501 eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob das Produkt der Wellenform-Zählervariablen n multipliziert mit der Unterbrechungszeit ΔT gleich oder größer als die Summe des Spitzenstrom-Zufuhrzeit-Festlegungssignal Tp des EN-Strom-Zufuhrzeit-Festlegungssignals Ten und des Detektionswartezeit-Festlegungssignals ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST503, jedoch wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST502. Die Entscheidung an diesem Schritt ST501 ist, um zu bestimmen, ob die Detektionswartezeit Td nachfolgend auf das EP-Polaritätsschalten vergangen ist oder nicht. Bei Schritt ST502 wird das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv, das bei Schritt ST201 eingelesen wurde, für die Basisspannungs-Variable Vu substituiert, welche eine Variable ist, die in dem Softwareverfahren bzw. -prozeß verwendet wird.

[0117] Bei Schritt ST503 wird die Basisspannungs-Variable Vu für die vorherige Basisspannungs-Variable Vu0 substituiert, und zur selben Zeit wird das Schweißspannungs-A/D-Umwandlungssignal Adv, das bei Schritt ST201 eingelesen wurde, ebenfalls für die Basisspannungs-Variable Vu substituiert. Die Basisspannungs-Variable Vu und die vorherige Basisspannungs-Variable Vu0 sind Variable, die in dem Softwareverfahren verwendet werden.

[0118] Bei Schritt ST504 wird eine Entscheidung getätigt, um zu bestimmen, ob der Unterschied zwischen der Basisspannungs-Variable Vu und der vorherigen Basisspannungs-Variable Vu0 gleich oder größer als der vorbestimmte Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST305, jedoch wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST202. Die Subtraktion Vu – Vu wird an Intervallen der sehr kleinen Unterbrechungszeit ΔT ausgeführt und entspricht daher einer Berechnung von dVb/dt. Auch der Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu ist eine Konstante, die in dem Softwareverfahren verwendet wird.

[0119] Bei diesem Schritt wird eine vorausschauende Bestimmung eines möglichen Auftretens der Bogenunterbrechung mittels des zweiten Bogenunterbrechungs-Präventivverfahrens, welches unter Bezugnahme auf Fig. 8 diskutiert wurde, ausgeführt, und sobald das mögliche Auftreten der Bogenunterbrechung detektiert ist (d.h. wenn ein Ergebnis einer Entscheidung bei Schritt ST504 "JA" ist), wird der Bogenunterbrechungs-Präventivstrom Ic mittels des Verfahrens bei Schritt ST305 zugeführt.

[0120] Bezugnehmend auf Fig. 18 ist ein Diagramm gezeigt, das Änderungen in dem Schweißstrom und der Spannung mit der Zeit zeigt, die während der Ausführung eines AC-gepulsten Lichtbogenschweißens gemäß der zweiten Ausbildung der vorliegenden Erfindung auftreten, in welcher das zweite Bogenunterbrechungs-Präventivverfahren angewandt ist. In dieser Figur wird zu einem Zeitpunkt einer Detektionswartezeit Td nach dem Zeitpunkt t4, basierend auf dem zweiten Bogenunterbrechungs-Präventionsverfahren, das zuvor mit Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben wurde, die Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeit dVb/dt von Zeit zu Zeit detektiert, und dann wird eine Entscheidung getroffen, um zu bestimmen, ob der detektierte Wert der Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeit größer als der vorbestimmte Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu ist. Zum Zeitpunkt 43 wird, wenn ein Ergebnis der Entscheidung "JA" ist, das Intervall der Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp zwangsweise mit dem Spitzenstrom Ip eines höheren Werts als dem Basisstrom Ib gestartet, welcher folglich zugeführt wird. Wenn bzw. da der Spitzenstrom Ip zugeführt wird, steigt die Bogensteifigkeit an, wie dies zuvor beschrieben wurde, an, wobei der Bogen folglich zu dem normalen Weg gezogen wird und daher wird der negative Punkt neu an einem Ort unmittelbar unter dem Schweißdraht ausgebildet und somit setzt sich ein günstiger Bogen bzw. eine günstige Bogenbildung fort, ohne daß er (sie) durch die Bogenunterbrechung nachfolgend auf die Wiederzündung begleitet wäre.

[0121] Die Schweißleistungs-Zufuhrvorrichtung, die in der Ausführung der zweiten Ausbildung des AC bzw. wechselstrom-gepulsten Lichtbogenschweiß-Steuer- bzw. -Regelverfahrens angewandt wird, kann ähnlich zu jener sein, welche in Fig. 12 gezeigt ist, mit der Ausnahme, daß die Softwarebearbeitung durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC ausgeführt wird. Die Softwarebearbeitung, die durch die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC in der Ausführung der vierten Ausbildung der folgenden Erfindung ausgeführt wird, ist in Fig. 19 gezeigt. Dementsprechend ist in der folgenden Beschreibung nur ein Bereich der Tb-Steuer- bzw. -Regelsubroutine beschrieben, welcher sich von jener unterscheidet, die in Fig. 17 gezeigt ist. Es ist festzuhalten, daß ein Block von Schritt ST601, der durch die gepunkteten Linien in Fig. 19 gezeigt ist, jener ist, der alleine hinzugefügt wurde und der nicht in der Subroutine angewandt ist, die in Fig. 17 gezeigt

ist. Auch der Block ST305, der in Fig. 17 gezeigt ist, ist in dem Flußdiagramm von Fig. 19 eliminiert.

[0122] Bezugnehmend auf Fig. 19 wird bei Schritt ST601 eine Entscheidung getätigt, um zu bestimmen, ob der Unterschied zwischen der Basisspannungs-Variablen Vu und der vorherigen Basisspannungs-Variablen Vu0 gleich wie der größer als ein vorbestimmter Basisspannungs-Anstiegsgeschwindigkeits-Bestimmungswert ΔVu ist, und wenn dies "JA" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST204, jedoch wenn dies "NEIN" ist, geht der Programmfluß zu Schritt ST202. Die Entscheidung bei diesem Schritt ist eine antizipatorische Bestimmung eines möglichen Auftretens der Bogenunterbrechung mittels des zweiten Bogenunterbrechungs-Präventivverfahrens, das unter Bezugnahme auf Fig. 8 diskutiert ist, und sobald das mögliche Auftreten der Bogenunterbrechung detektiert ist (d.h., wenn ein Ergebnis einer Entscheidung in Schritt ST601 "JA" ist), geht der Programmfluß zu Schritt ST204, um die Basisstrom-Zufuhrzeit Tb zu beenden und stattdessen zwangsweise die Spitzenstrom-Zufuhrzeit Tp zu starten, um dadurch den Spitzenstrom Ip zuzuführen.

[0123] Es ist auch festzuhalten, daß beim Beschreiben von einer der ersten bis vierten bevorzugten Ausbildungen der vorliegenden Erfindung die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC beschrieben wurde, die die Softwarebearbeitung verwendet. Jedoch kann die Stromwellenform-Steuer- bzw. -Regelschaltung WC durch eine Hardwareschaltung implementiert sein bzw. werden, welche einen Bereich oder die Gesamtheit dieser durch Software ausführbaren Funktionen besitzt.

[0124] Fig. 20 bis Fig. 23 sind Diagramme, die zeigen, wie das Steuer- bzw. Regelverfahren der vorliegenden Erfindung jenem Steuer- bzw. Regelverfahren gemäß dem Stand der Technik überlegen ist, wenn ein AC-gepulstes Lichtbogenschweißen an einem Werkstück, welches aus einem variierenden Material gebildet ist, unter variierenden Schweißbedingungen ausgeführt wird. In diesen Diagrammen repräsentiert die Ordinatenachsen die Frequenz von Bogenunterbrechungen, die pro Minute während der Schweißtätigkeit bzw. des Schweißvorgangs auftreten.

[0125] Fig. 20 macht klar, daß die Frequenz von Bogenunterbrechungen 14 mal im Stand der Technik war und null in der vorliegenden Erfindung, wenn das AC-gepulste Lichtbogenschweißen an dem Werkstück, das aus Aluminium A1050 gefertigt wurde, bei der Verwendung des 4043 Schweißdrahts mit 1,2 mm Durchmesser und 100% Argongas als Abschirmgas und durch die Anwendung eines mittleren Schweißstroms von 100 A und einer mittleren Schweißspannung von 17,5 V ausgeführt wurde.

[0126] Fig. 21 macht klar, daß die Frequenz von Bogenunterbrechungen 15 mal im Stand der Technik und null in der gegenwärtigen Erfindung war, wenn das AC-gepulste Lichtbogenschweißen auf einem Werkstück, das aus einer Aluminiumlegierung A5052 gefertigt war, mit der Verwendung von 5356 Schweißdraht mit 1,2 mm Durchmesser und 100% Argon für das Abschirmgas und durch die Anwendung des mittleren Schweißstroms von 100 A und einer mittleren Schweißspannung von 18 V ausgeführt wurde.

[0127] Fig. 22 macht klar, daß die Häufigkeit von Bogenunterbrechungen 15 mal im Stand der Technik und null in der vorliegenden Erfindung, wenn das AC-gepulste Lichtbogenschweißen auf einem Werkstück, das aus rostfreiem Stahl gefertigt war, mit der Verwendung des SUS309 Schweißdrahts mit 1,2 mm Durchmesser und einer gasförmigen Mischung aus 98% Argon und 2% Sauerstoff als das Abschirmgas und durch die Anwendung des mittleren Schweißstroms von 100 A und einer mittleren Schweißspannung von 21 V ausgeführt bzw. bewirkt wurde.

[0128] Fig. 23 macht klar, daß die Frequenz bzw. die Häufigkeit von Unterbrechungen 19 mal im Stand der Technik und null in der vorliegenden Erfindung, wenn das AC-gepulste Lichtbogenschweißen an dem Werkstück, das aus einem weichen Stahl gefertigt wurde mit der Verwendung eines Weichstahl-Schweißdrahts mit 1,2 mm Durchmesser und einer gasförmigen Mischung aus 80% Argon und 20% Kohlendioxid für das Abschirmgas und durch die Anwendung des mittleren Schweißstroms von 100 A und der mittleren Schweißspannung von 20,5 V.

[0129] So wird, wie dies zuvor beschrieben wurde, gemäß dem AC- bzw. wechselstrom-gepulsten Lichtbogenschweiß-Steuer- bzw. -Regelverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eine Detektion zur vorbestimmten Zeit nach der Zufuhr des Basisstroms Ib gestartet, und nachdem der Wert, der von der Basisspannung detektiert wurde, größer als der vorbestimmte Diskriminantenwert wird, wird der Strom eines Werts höher als der Basisstrom Ib zugeführt, um die Bogenunterbrechung, welche fähig ist, nachfolgend auf das Polaritätsschalten aufzutreten, an einem Auftreten nachfolgend auf das Wiederzünden zu hindern. Dementsprechend kann nicht nur das Auftreten der Bogenunterbrechung im Verlauf des Schweißens eliminiert werden, sondern es können gute Schweißergebnisse mit hoher Qualität erzielt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern bzw. Regeln eines gepulsten Lichtbogenschweißens mit einer verbrauchbaren bzw. Abbrandelektrode AC, wobei das Verfahren die Schritte umfaßt:
wiederholtes Ausführen eines Zyklus, umfassend:

Zuführen eines Spitzenstroms, der ausreichend ist, um einen Tröpfchentransfer während einer Spitzenstrom-Zufuhrzeit in einer Elektrode positiver Polarität zu erzielen, in welcher ein Schweißstrom von einem Schweißdraht zu einem zu schweißenden Werkstück zugeführt wird;
nachfolgend Zuführen eines Elektrodennegativstroms, der ausreichend ist, nicht den Tröpfchentransfer während einer Elektrodennegativstrom-Zufuhrzeit in eine Elektrode negativer Polarität zu erreichen, in welcher der Schweißstrom von dem zu schweißenden Werkstück zu dem Schweißdraht zugeführt wird; und
schließlich Zuführen eines Basisstroms, der ausreichend ist, nicht den Tröpfchentransfer während einer Basisstrom-Zufuhrzeit in die Elektrode positiver Polarität zu erreichen, **dadurch gekennzeichnet**, daß, wenn die Anstiegsgeschwindigkeit bzw. -rate der Basisspannung während der Basisstrom-Zufuhrzeit höher als ein vorbestimmter Diskriminanten-Wert ist, die Spitzenstrom-Zufuhrzeit für den nachfolgenden Zyklus von dem Zeitpunkt begonnen wird, zu welchem die Anstiegsgeschwindigkeit bzw. -rate einen Wert höher als den vorbestimmten Diskriminanten-Wert erreicht, um dadurch den Spitzenstrom zuzuführen.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

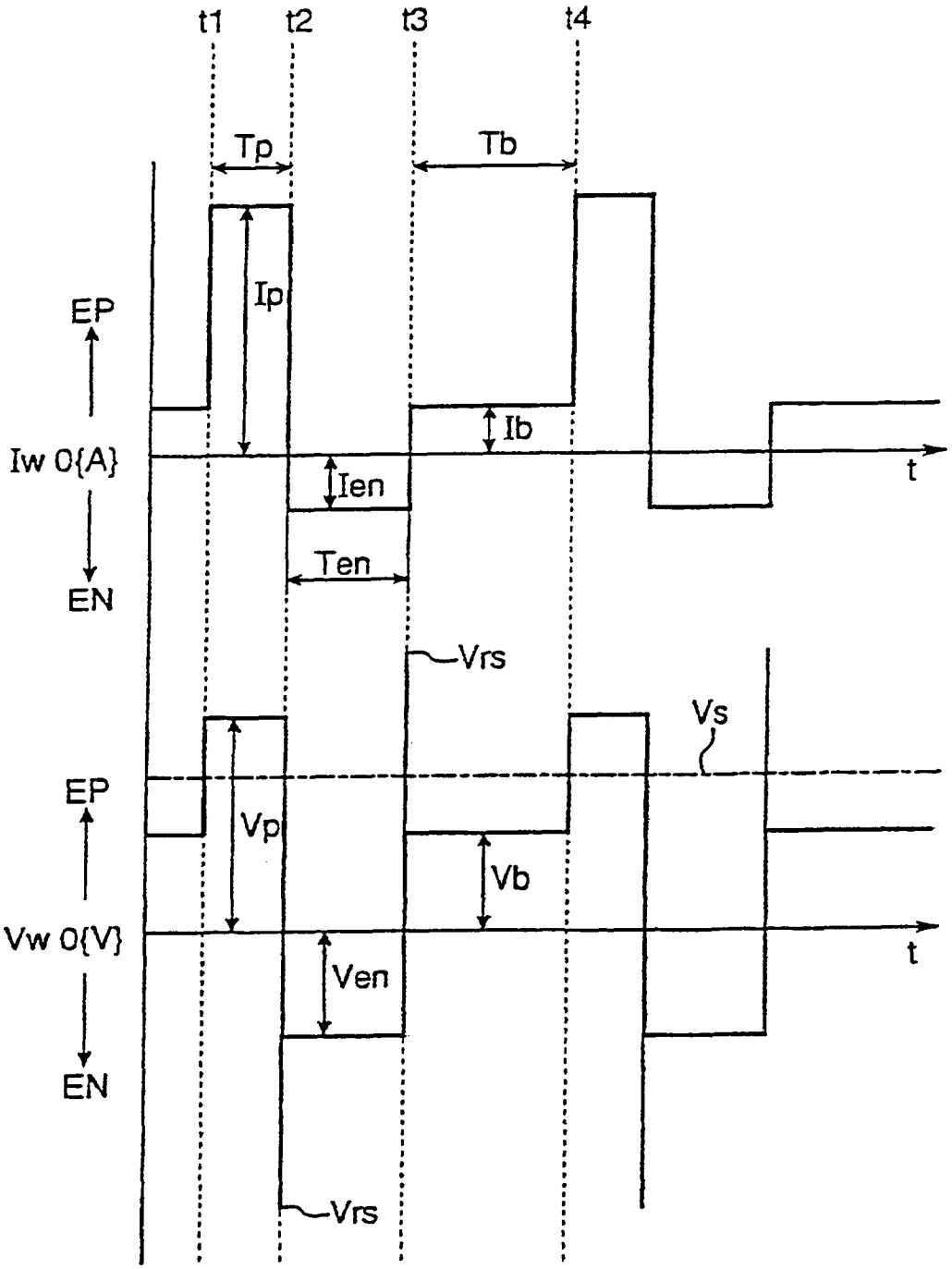


Fig.2

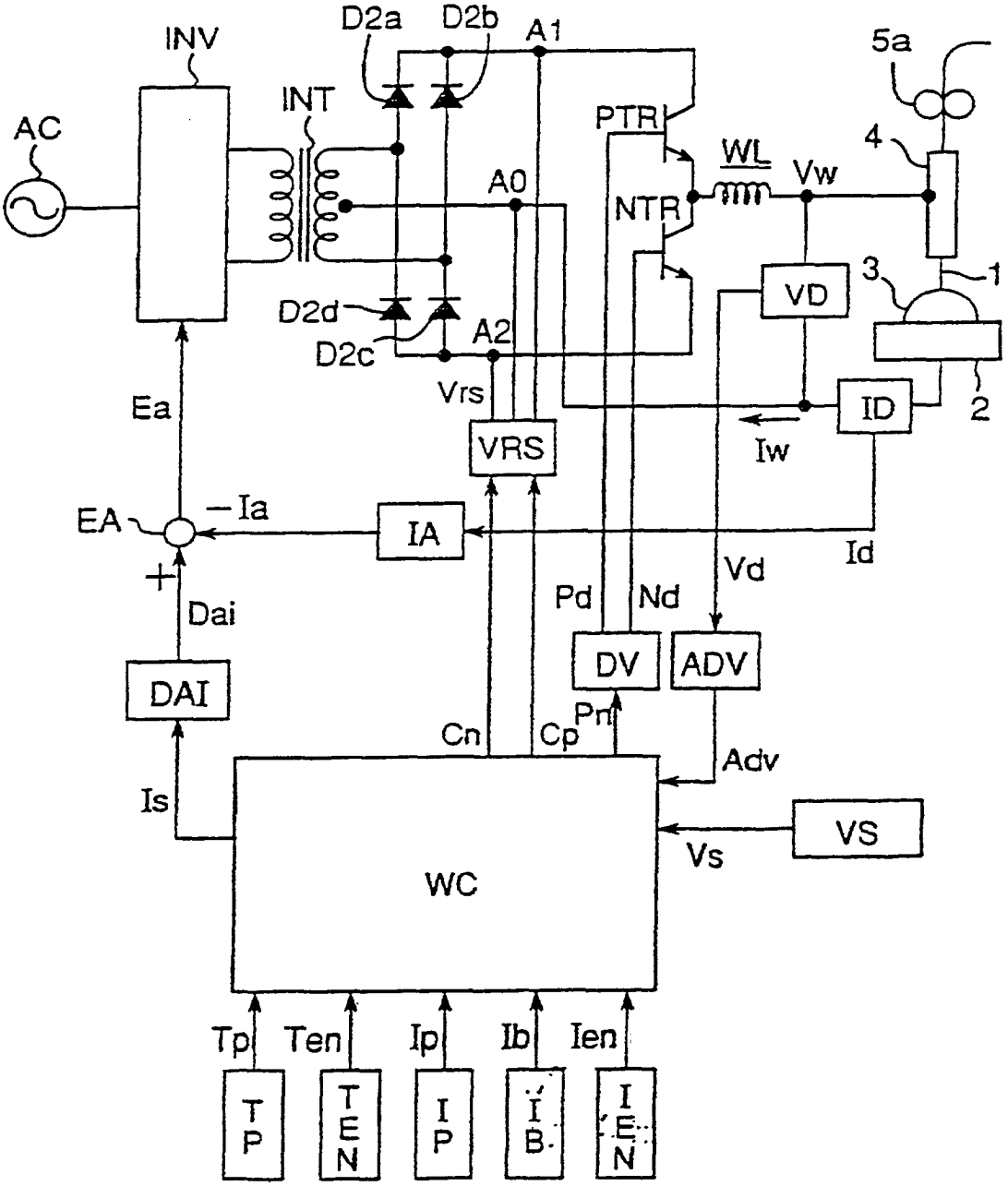

INV
D2a
D2b
A1
5a
AC
INT
PTR
WL
Vw
4
A0
NTR
3
1
VD
D2d
A2
D2c
Vrs
ID
2
Ea
VRS
Iw
EA
−Ia
IA
Id
Vd
+
Dai
Pd
Nd
DV
ADV
DAI
Cn
Cp
Pn
Adv
Is
VS
Vs
WC
Tp
Ten
Ip
Ib
Ien
TP
TEN
IP
IB
IEN

Fig.3

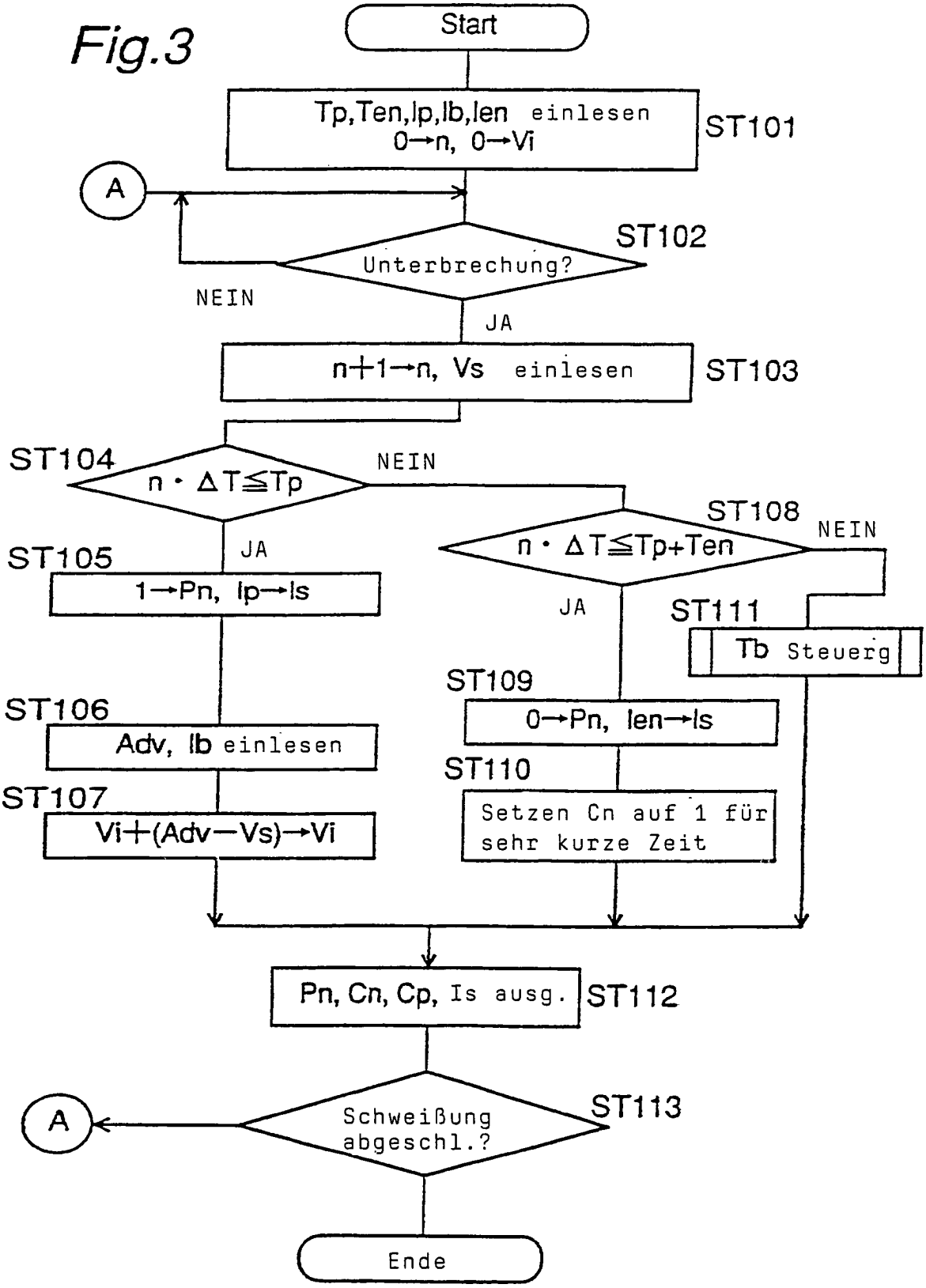

Start
Tp,Ten,Ip,Ib,Ien einlesen
0→n, 0→Vi
ST101
A
ST102
Unterbrechung?
NEIN
JA
n+1→n, Vs einlesen
ST103
ST104
n・ΔT≦Tp
NEIN
JA
ST105
1→Pn, Ip→Is
ST106
Adv, Ib einlesen
ST107
Vi+(Adv−Vs)→Vi
ST108
n・ΔT≦Tp+Ten
NEIN
JA
ST111
Tb Steuerg
ST109
0→Pn, Ien→Is
ST110
Setzen Cn auf 1 für sehr kurze Zeit
Pn, Cn, Cp, Is ausg.
ST112
A
Schweißung abgeschl.?
ST113
Ende

Fig.4

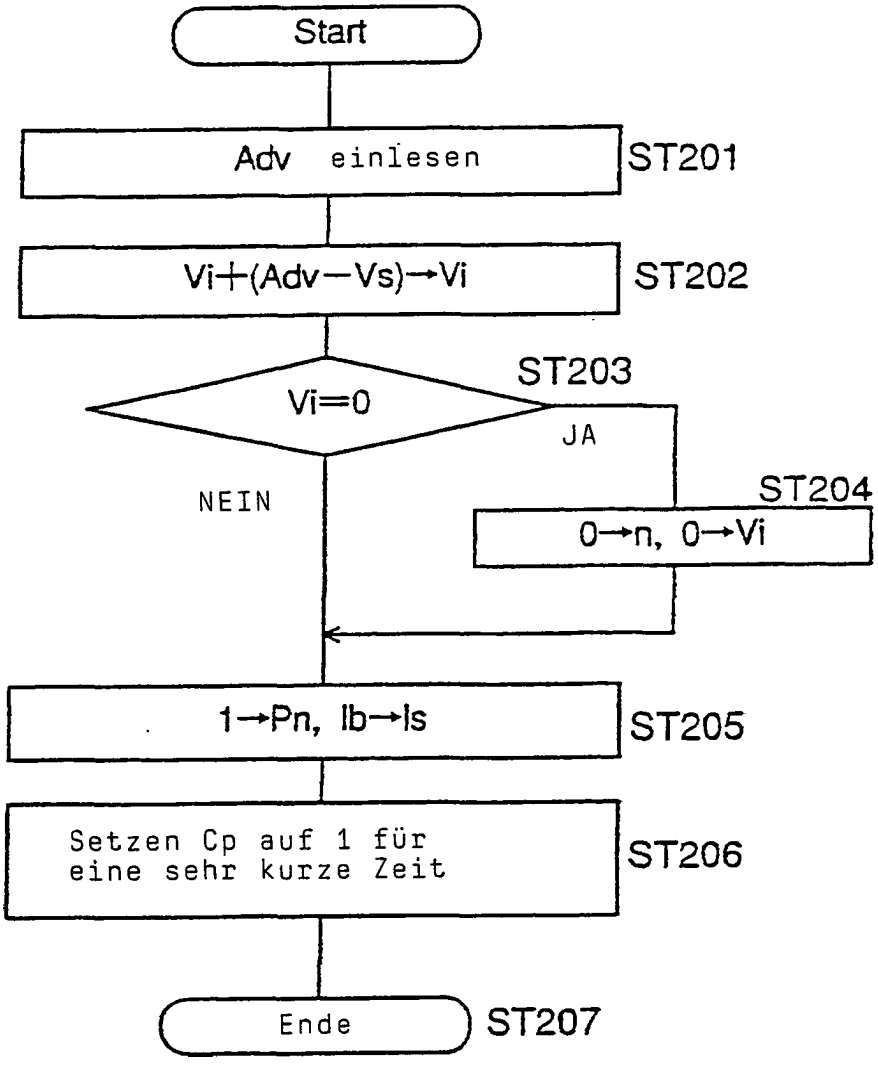

Start
Adv einlesen
ST201
Vi+(Adv−Vs)→Vi
ST202
ST203
Vi=0
JA
NEIN
ST204
0→n, 0→Vi
1→Pn, Ib→Is
ST205
Setzen Cp auf 1 für
eine sehr kurze Zeit
ST206
Ende
ST207

Fig.5

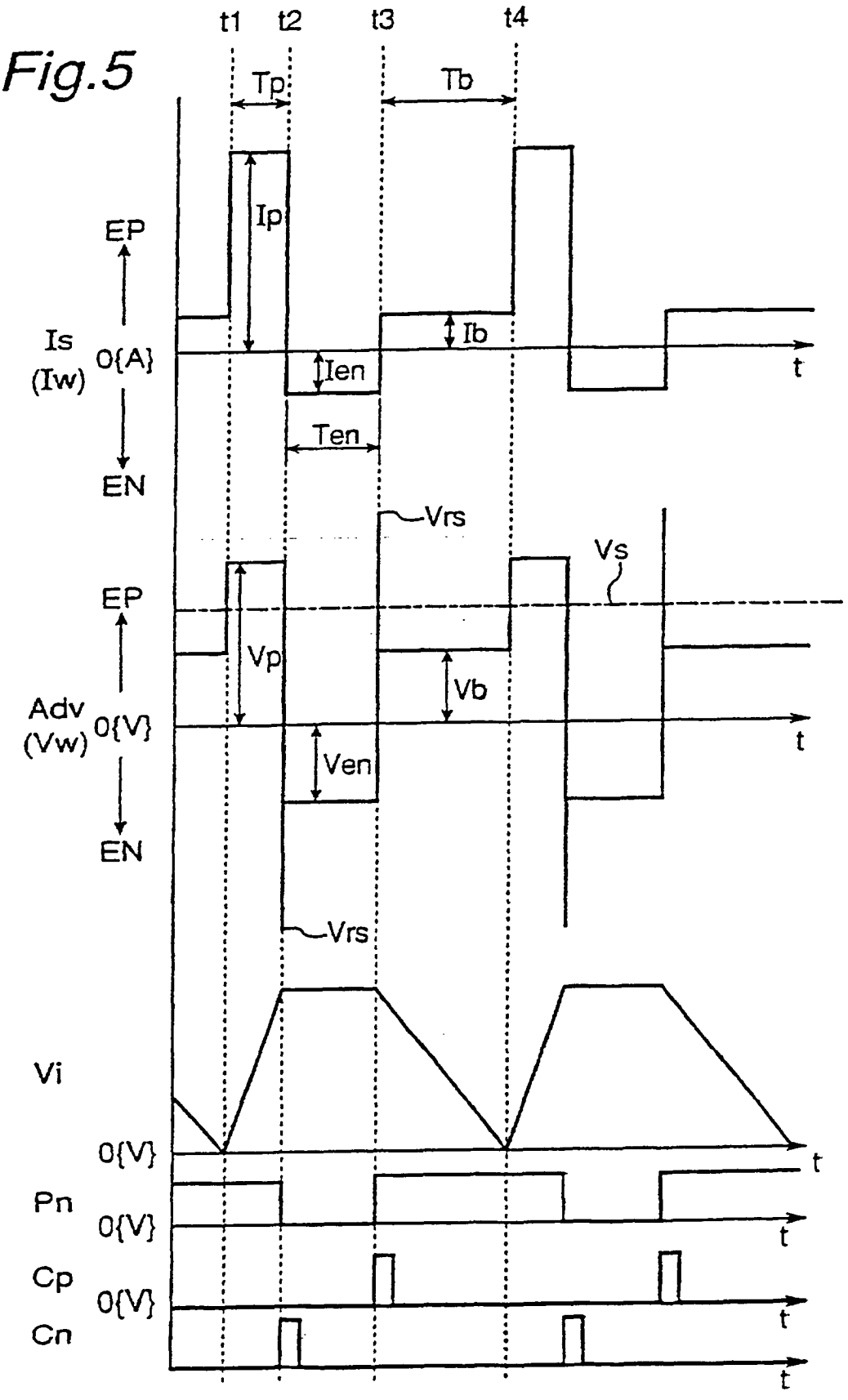

t1
t2
t3
t4
Tp
Tb
Ip
EP
Is
(Iw)
0{A}
EN
Ib
Ien
t
Ten
Vrs
Vs
EP
Vp
Vb
Adv
(Vw)
0{V}
EN
Ven
Vrs
Vi
0{V}
Pn
0{V}
Cp
0{V}
Cn

Fig.6

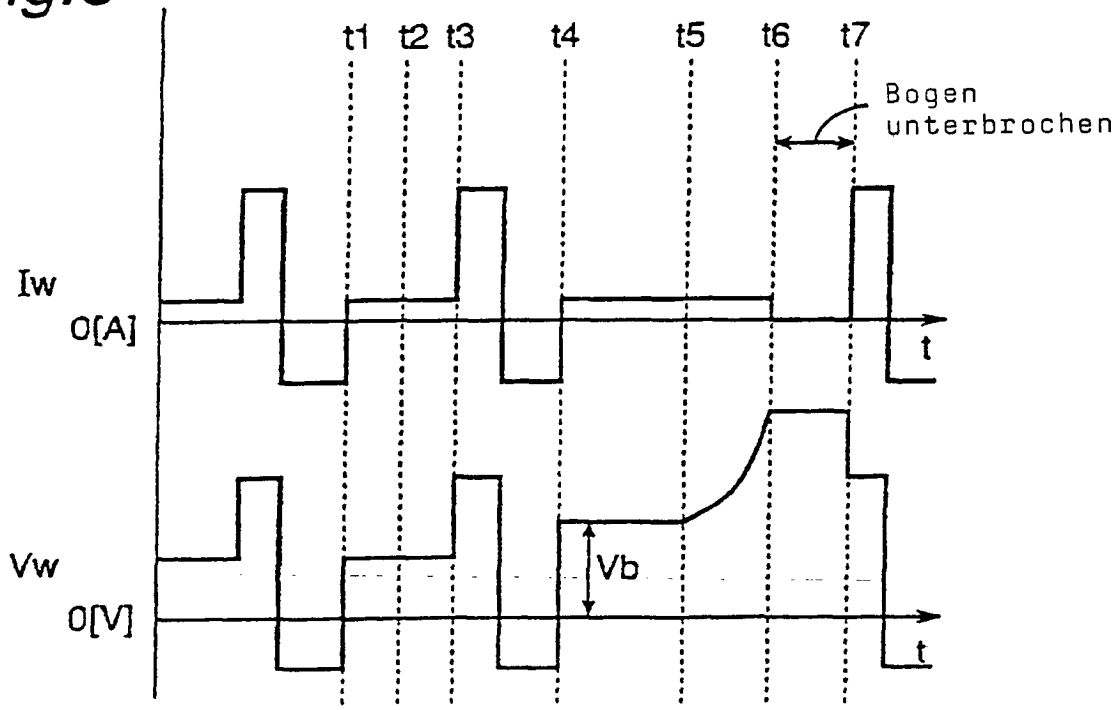


Fig.7A

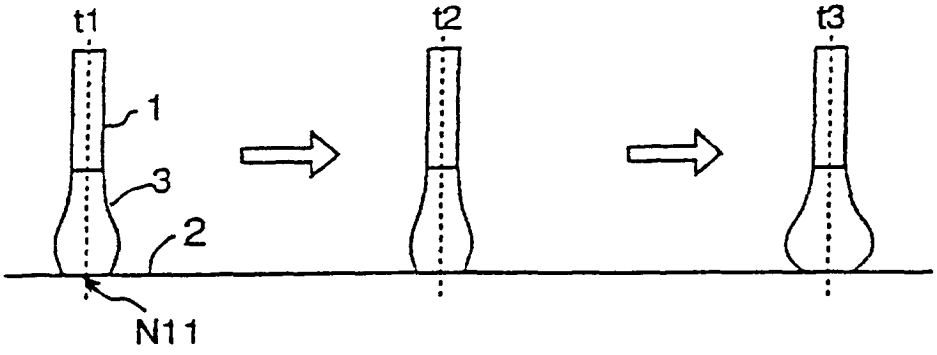


Fig.7B

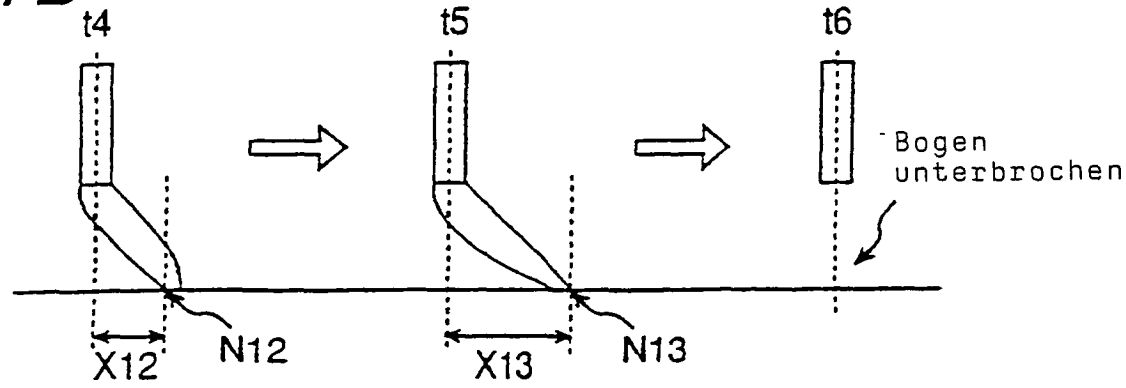


Fig.8

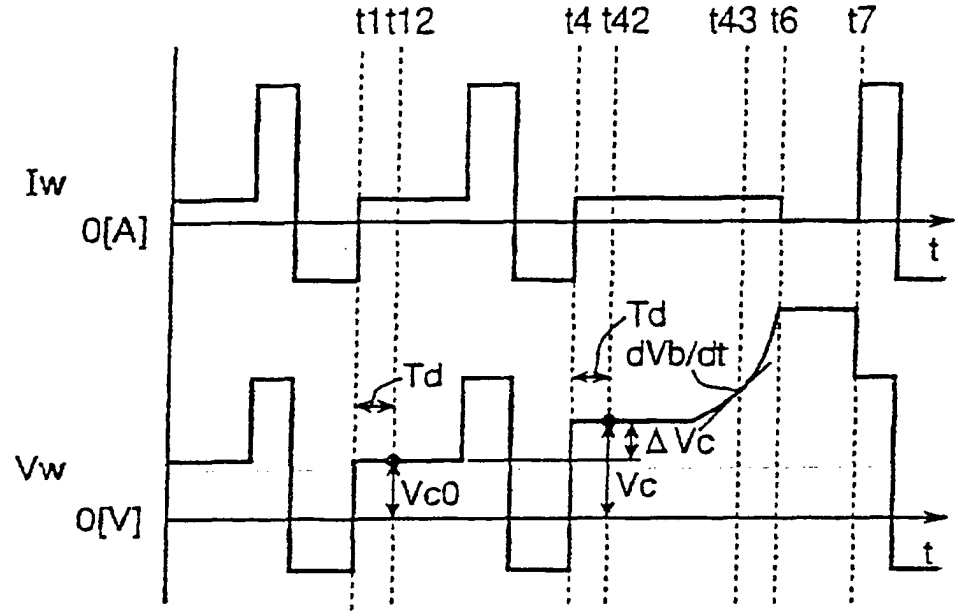

t1 t12
t4 t42
t43 t6
t7
Iw
0[A]
t
Td
dVb/dt
Td
ΔVc
Vw
Vc0
Vc
0[V]
t

Fig.9

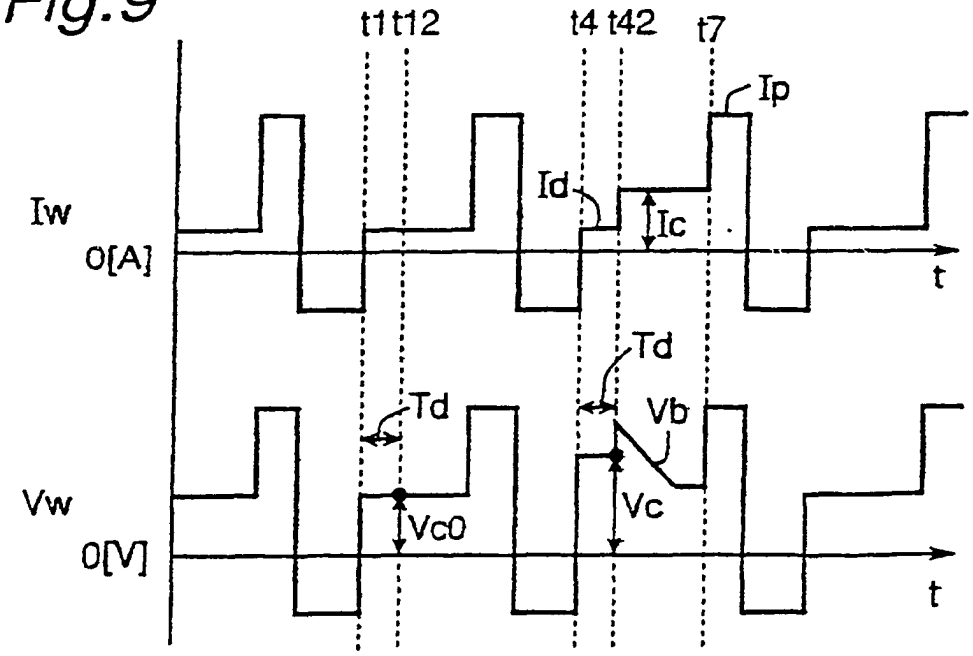

t1 t12
t4 t42
t7
Ip
Id
Ic
Iw
0[A]
t
Td
Td
Vb
Vw
Vc0
Vc
0[V]
t

Fig.10

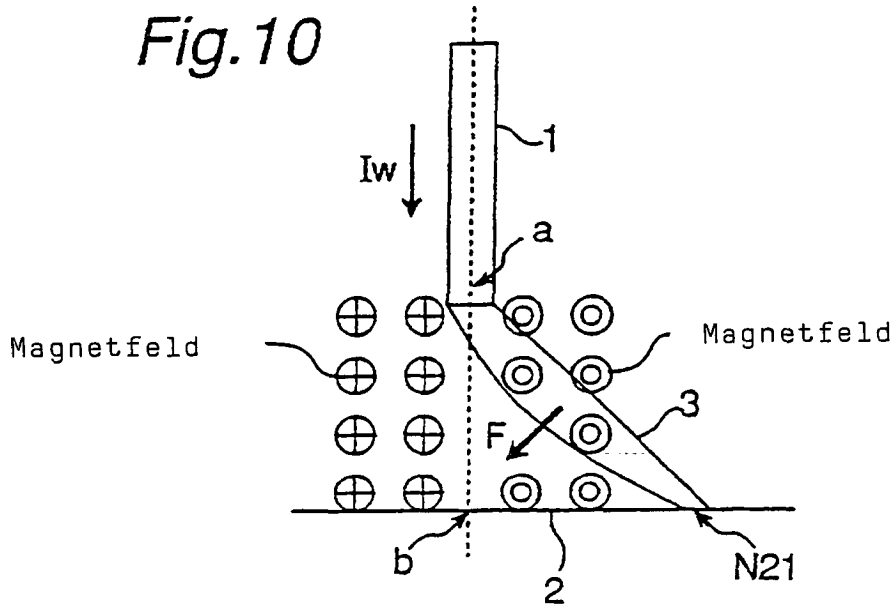

Iw
1
a
Magnetfeld
Magnetfeld
3
F
b
2
N21

Fig.11

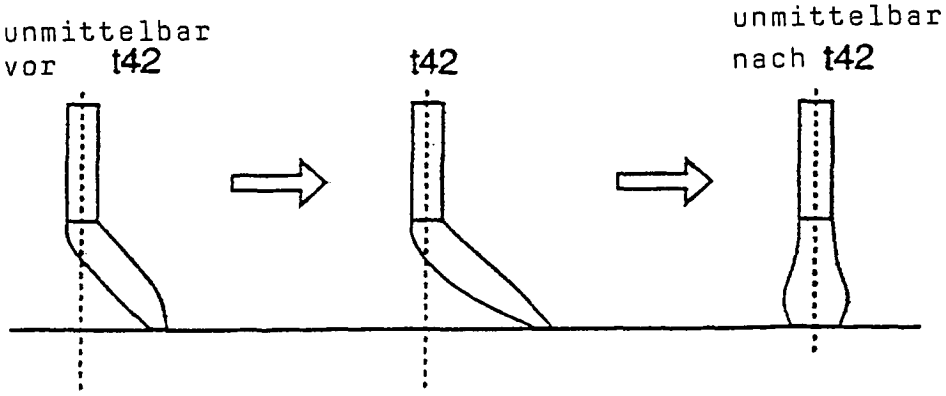

unmittelbar
vor t42
t42
unmittelbar
nach t42

Fig.12

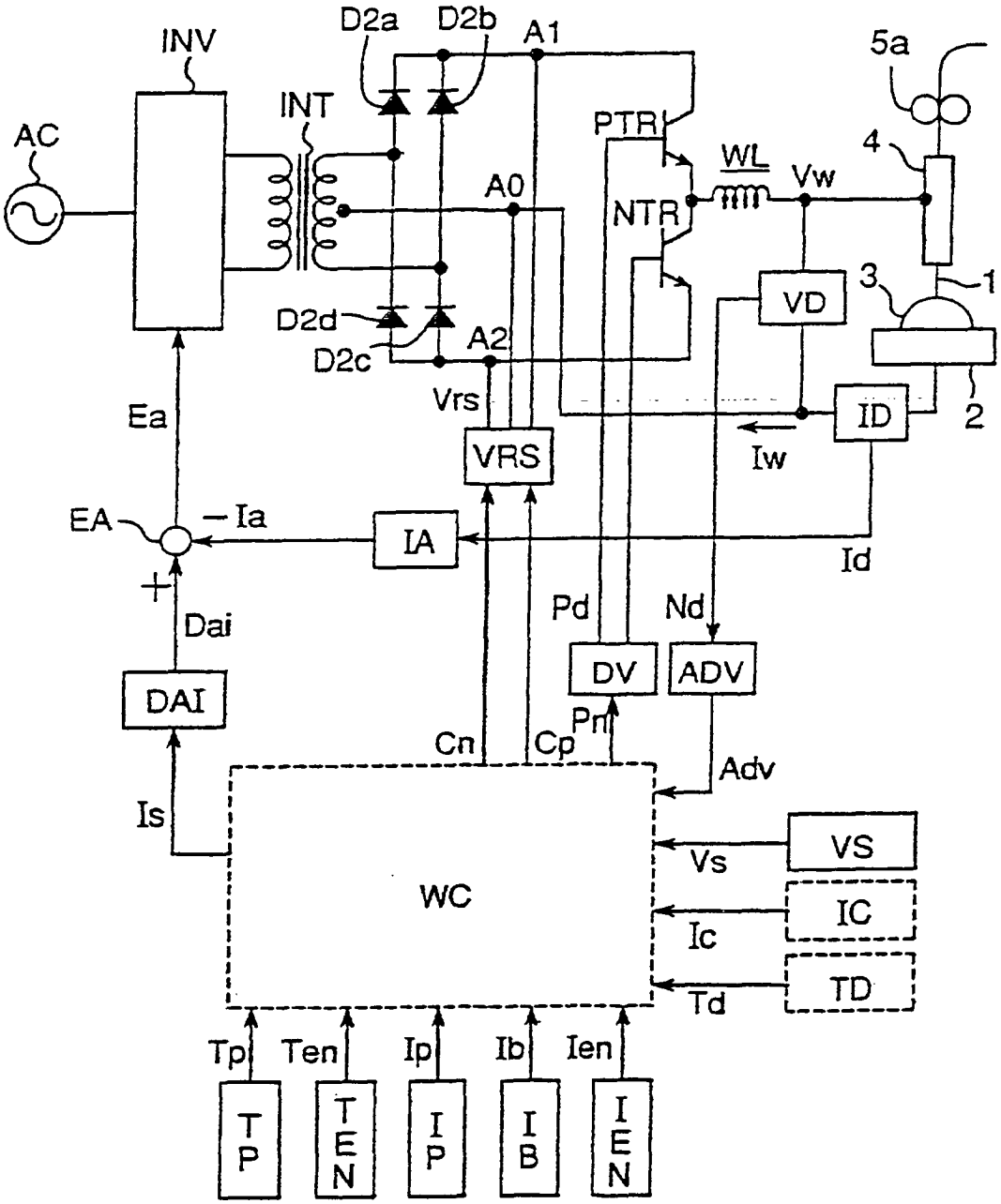

INV
D2a
D2b
A1
5a
AC
INT
PTR
WL
Vw
4
A0
NTR
D2d
A2
D2c
VD
3
1
Vrs
ID
2
Ea
VRS
Iw
EA
Ia
IA
Id
Dai
Pd
Nd
DAI
DV
ADV
Cn
Cp
Pn
Adv
Is
VS
Vs
WC
IC
Ic
TD
Td
Tp
Ten
Ip
Ib
Ien
TP
TEN
IP
IB
IEN

Fig. 13

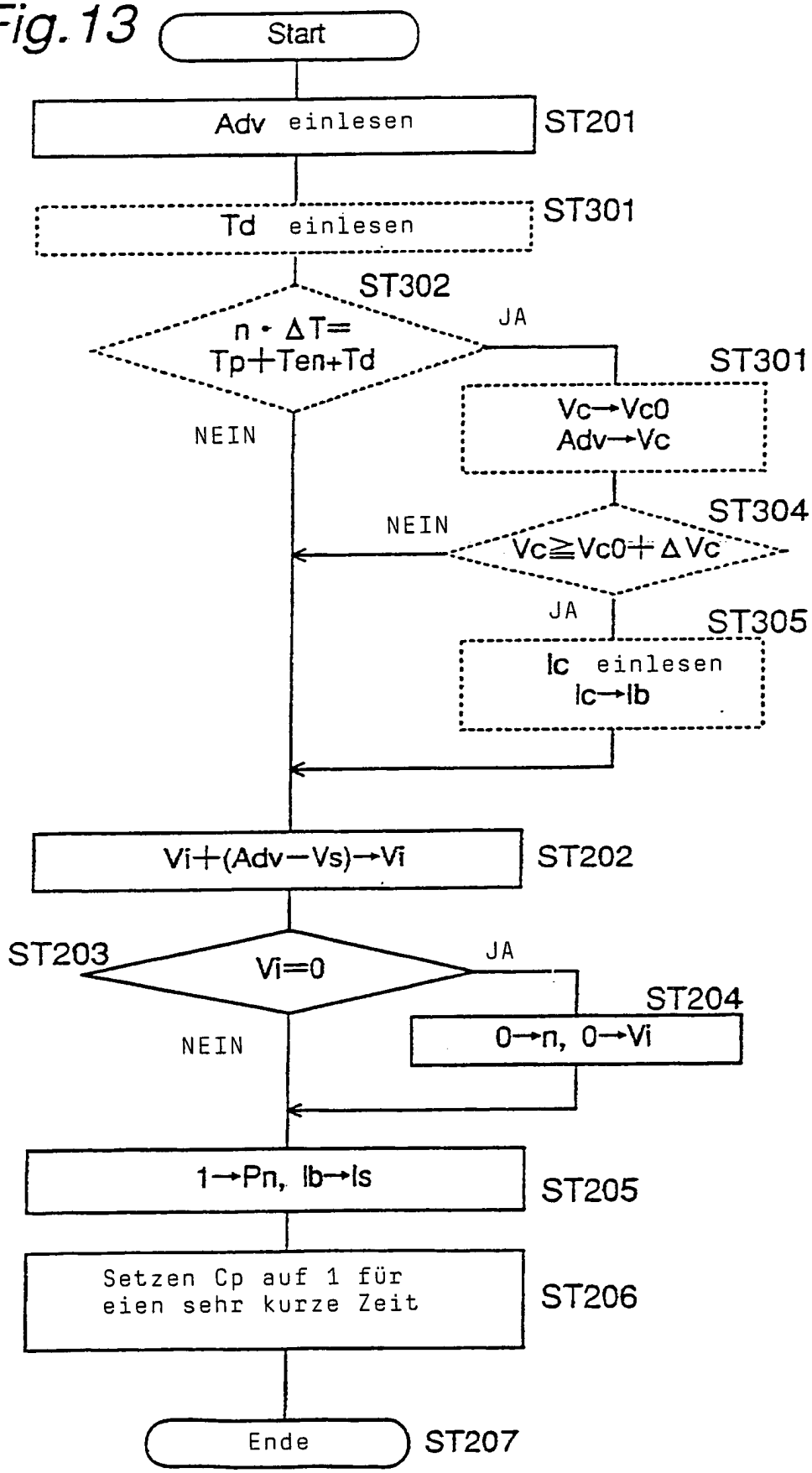

Start
Adv einlesen
ST201
Td einlesen
ST301
ST302
n • ΔT=
Tp+Ten+Td
JA
ST301
Vc→Vc0
Adv→Vc
NEIN
NEIN
ST304
Vc≧Vc0+ΔVc
JA
ST305
Ic einlesen
Ic→Ib
Vi+(Adv−Vs)→Vi
ST202
ST203
Vi=0
JA
ST204
0→n, 0→Vi
NEIN
1→Pn, Ib→Is
ST205
Setzen Cp auf 1 für
eien sehr kurze Zeit
ST206
Ende
ST207

Fig.14

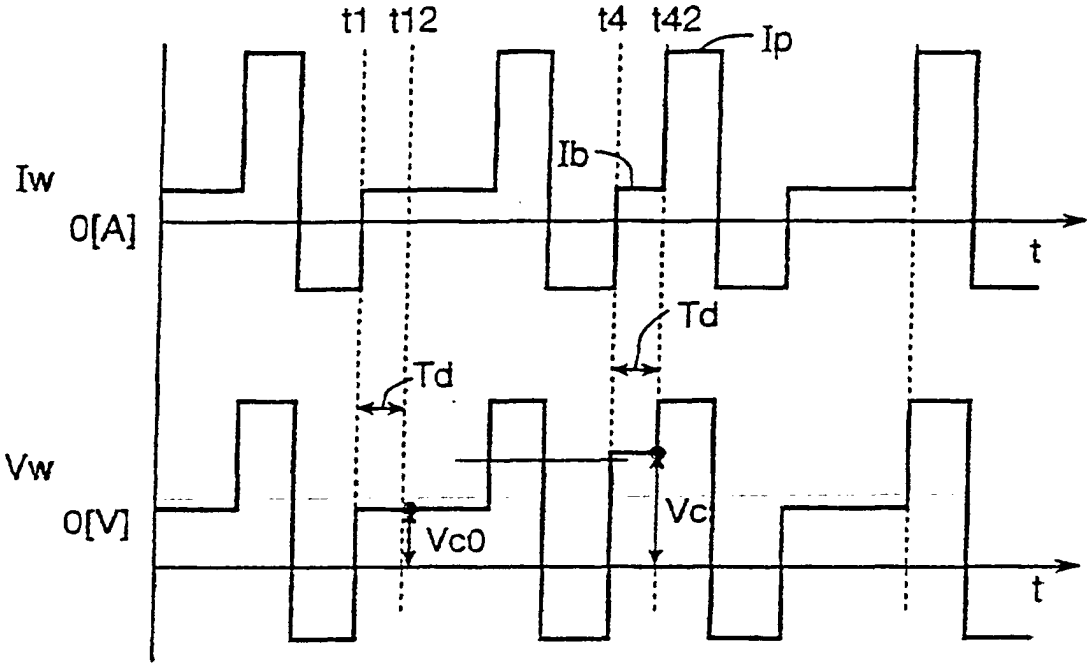

t1
t12
t4
t42
Ip
Ib
Iw
0[A]
t
Td
Td
Vw
0[V]
Vc0
Vc
t

Fig.16

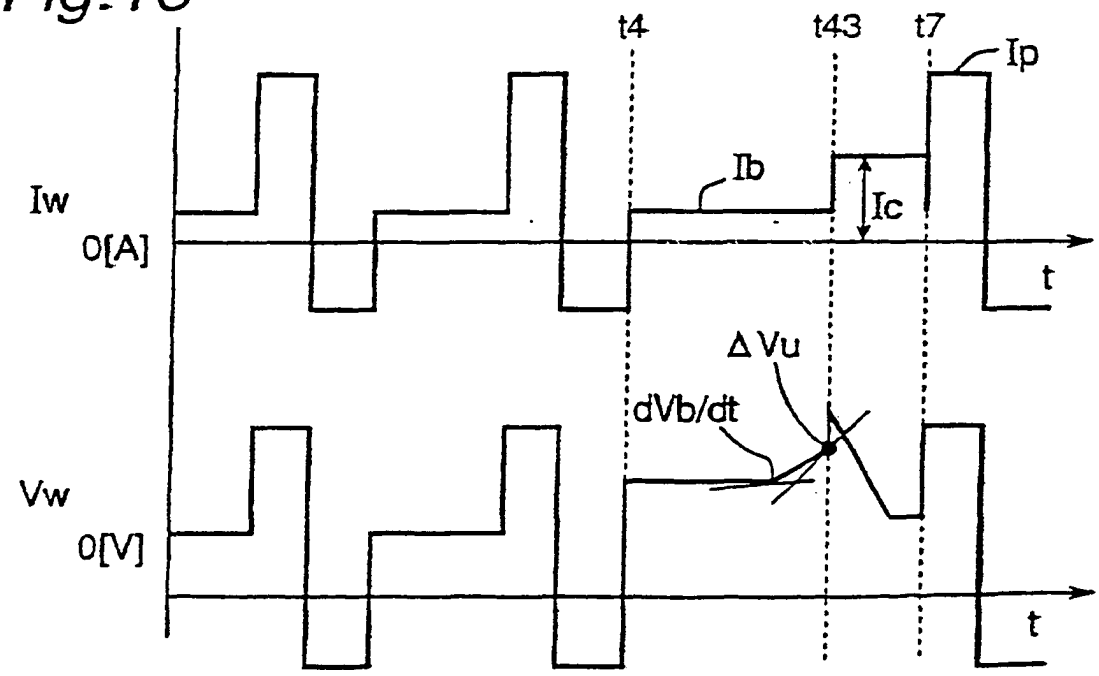

t4
t43
t7
Ip
Ib
Ic
Iw
0[A]
t
ΔVu
dVb/dt
Vw
0[V]
t

Fig.15

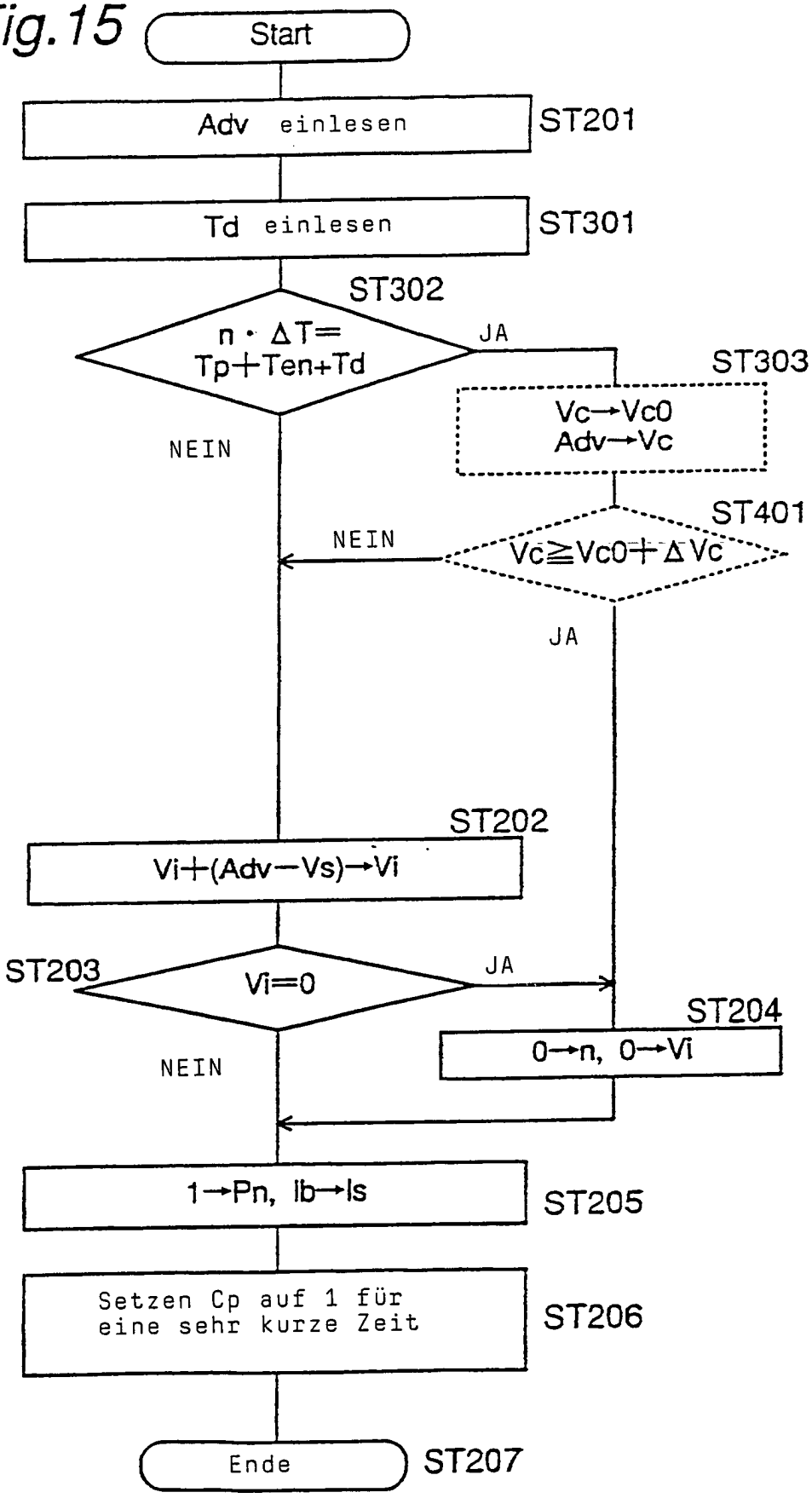

Start
Adv einlesen
ST201
Td einlesen
ST301
ST302
n · ΔT=
Tp+Ten+Td
JA
ST303
Vc→Vc0
Adv→Vc
NEIN
ST401
NEIN
Vc≧Vc0+ΔVc
JA
ST202
Vi+(Adv−Vs)→Vi
ST203
Vi=0
JA
ST204
0→n, 0→Vi
NEIN
1→Pn, Ib→Is
ST205
Setzen Cp auf 1 für
eine sehr kurze Zeit
ST206
Ende
ST207

Fig.17

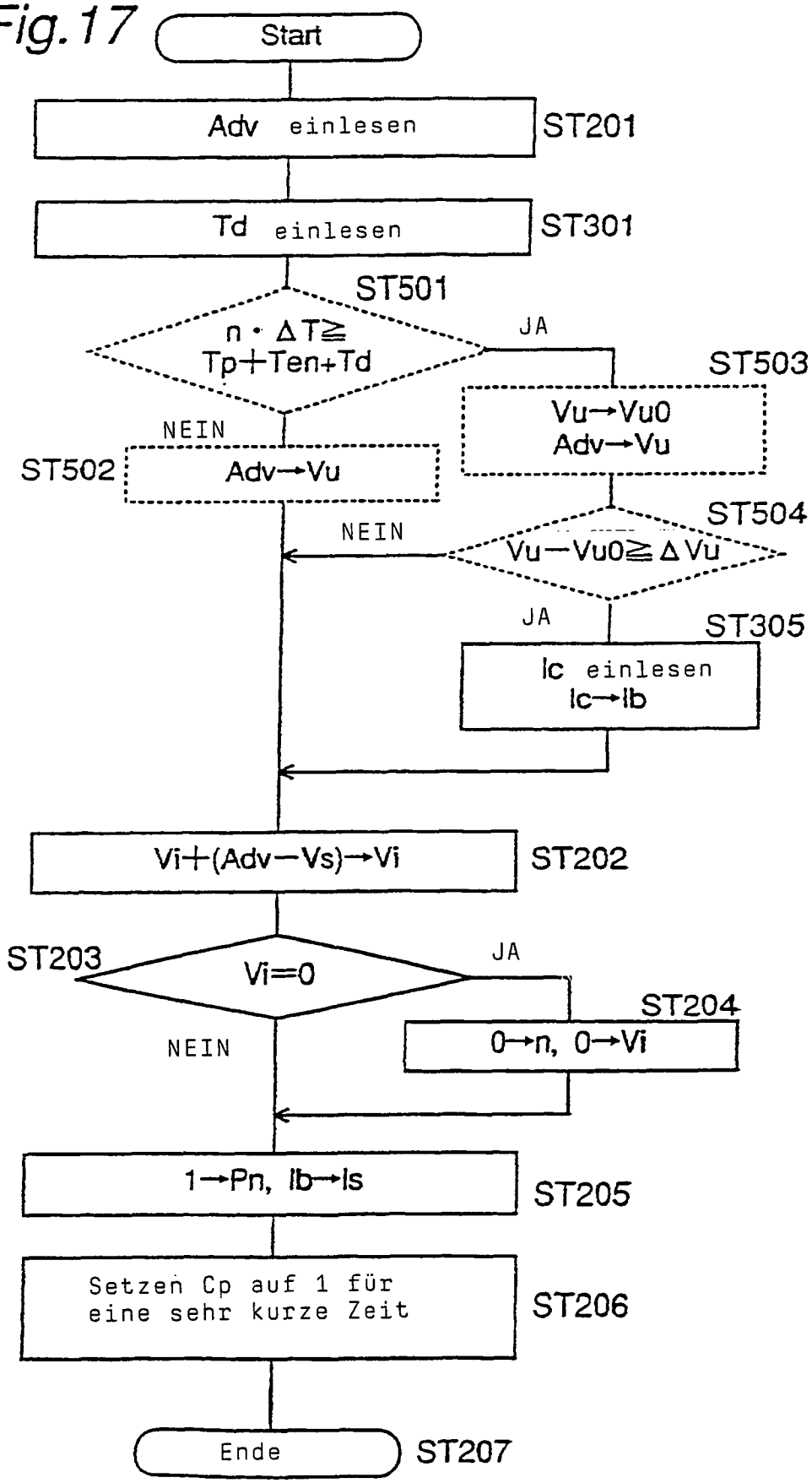

Start
Adv einlesen
ST201
Td einlesen
ST301
ST501
n・ΔT≧
Tp+Ten+Td
JA
ST503
Vu→Vu0
Adv→Vu
NEIN
ST502
Adv→Vu
ST504
NEIN
Vu−Vu0≧ΔVu
JA
ST305
Ic einlesen
Ic→Ib
Vi+(Adv−Vs)→Vi
ST202
ST203
Vi=0
JA
ST204
0→n, 0→Vi
NEIN
1→Pn, Ib→Is
ST205
Setzen Cp auf 1 für
eine sehr kurze Zeit
ST206
Ende
ST207

Fig.18

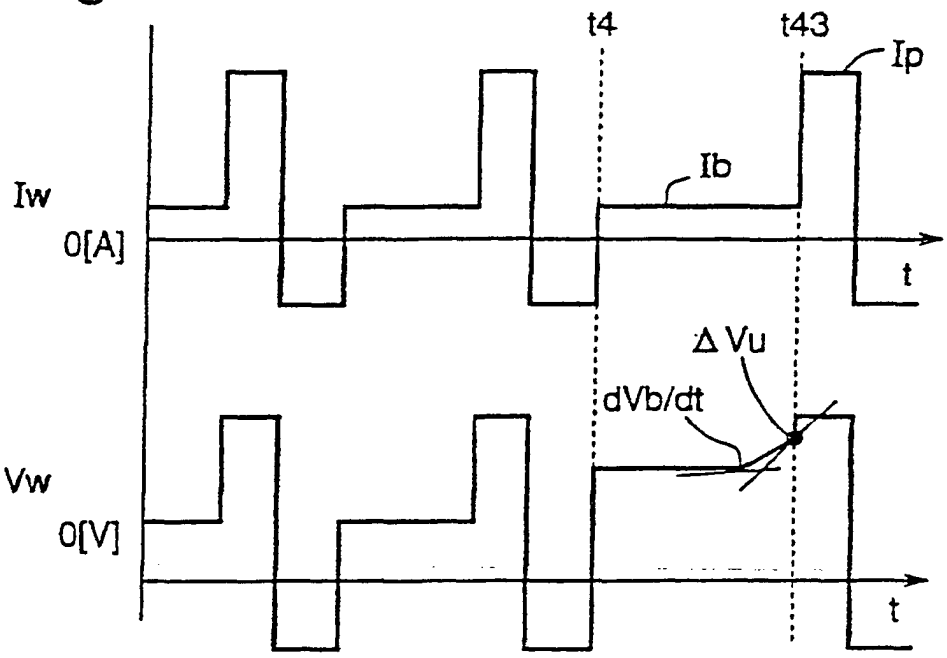

t4
t43
Ip
Ib
Iw
0[A]
t
ΔVu
dVb/dt
Vw
0[V]
t

Fig.20

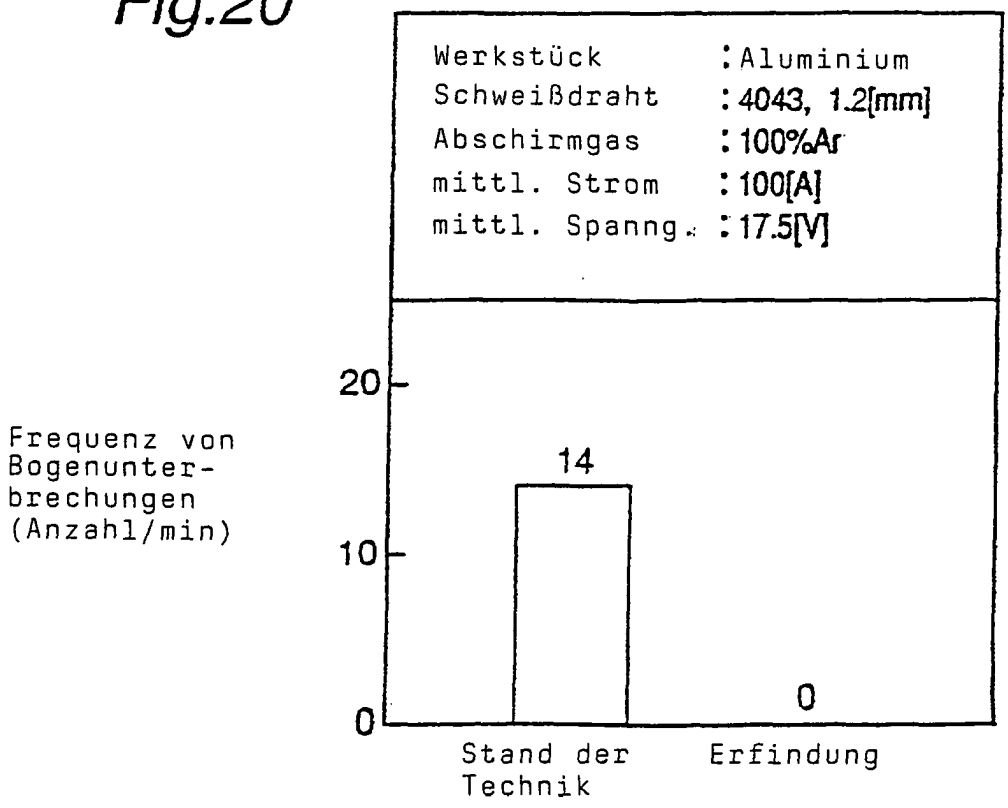

Werkstück : Aluminium
Schweißdraht : 4043, 1.2[mm]
Abschirmgas : 100%Ar
mittl. Strom : 100[A]
mittl. Spanng. : 17.5[V]
Frequenz von Bogenunterbrechungen (Anzahl/min)
20
10
0
14
0
Stand der Technik
Erfindung

Fig. 19

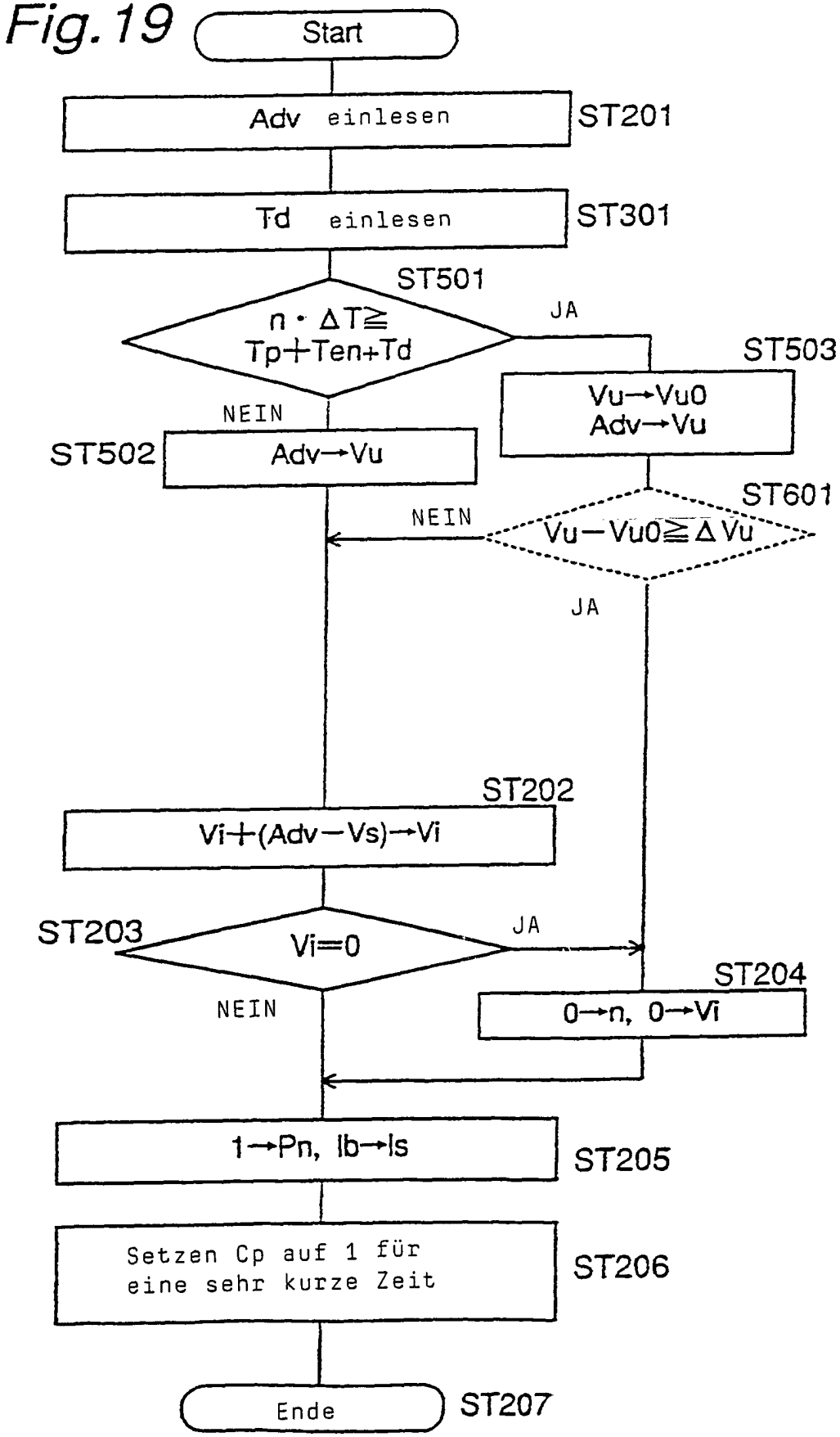

Start
Adv einlesen
ST201
Td einlesen
ST301
ST501
n · ΔT≧ Tp+Ten+Td
JA
ST503
Vu→Vu0
Adv→Vu
NEIN
ST502
Adv→Vu
ST601
NEIN
Vu−Vu0≧ΔVu
JA
ST202
Vi+(Adv−Vs)→Vi
ST203
Vi=0
JA
ST204
NEIN
0→n, 0→Vi
1→Pn, Ib→Is
ST205
Setzen Cp auf 1 für eine sehr kurze Zeit
ST206
Ende
ST207

Fig.21

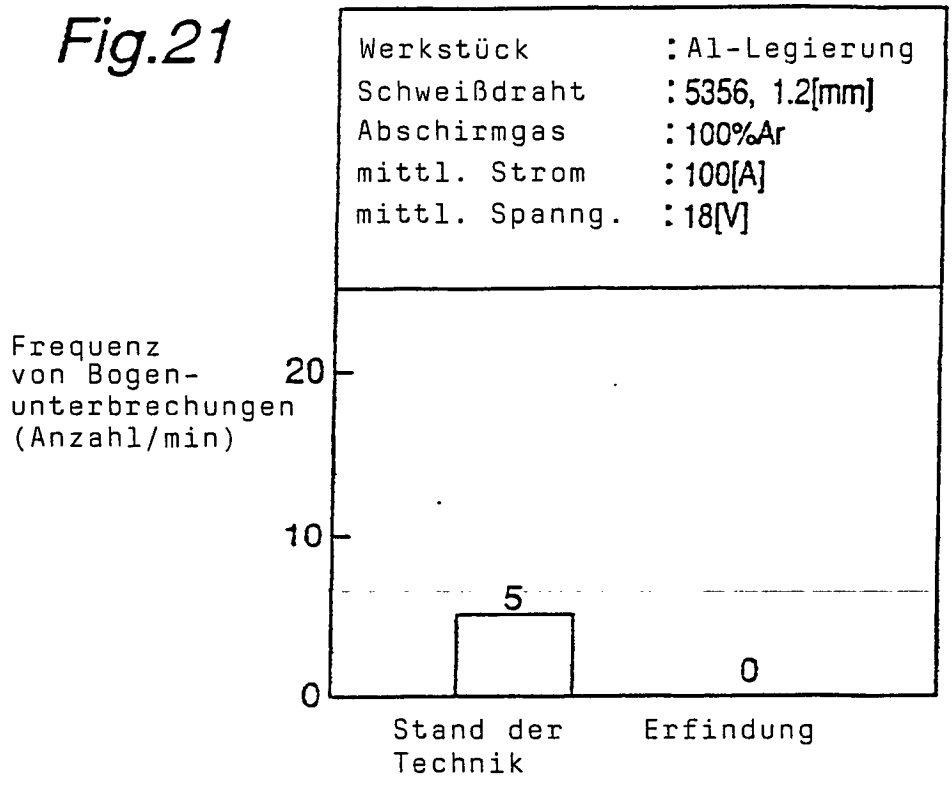

Werkstück : Al-Legierung
Schweißdraht : 5356, 1.2[mm]
Abschirmgas : 100%Ar
mittl. Strom : 100[A]
mittl. Spanng. : 18[V]
Frequenz von Bogen-unterbrechungen (Anzahl/min)
20
10
0
5
0
Stand der Technik
Erfindung

Fig.22

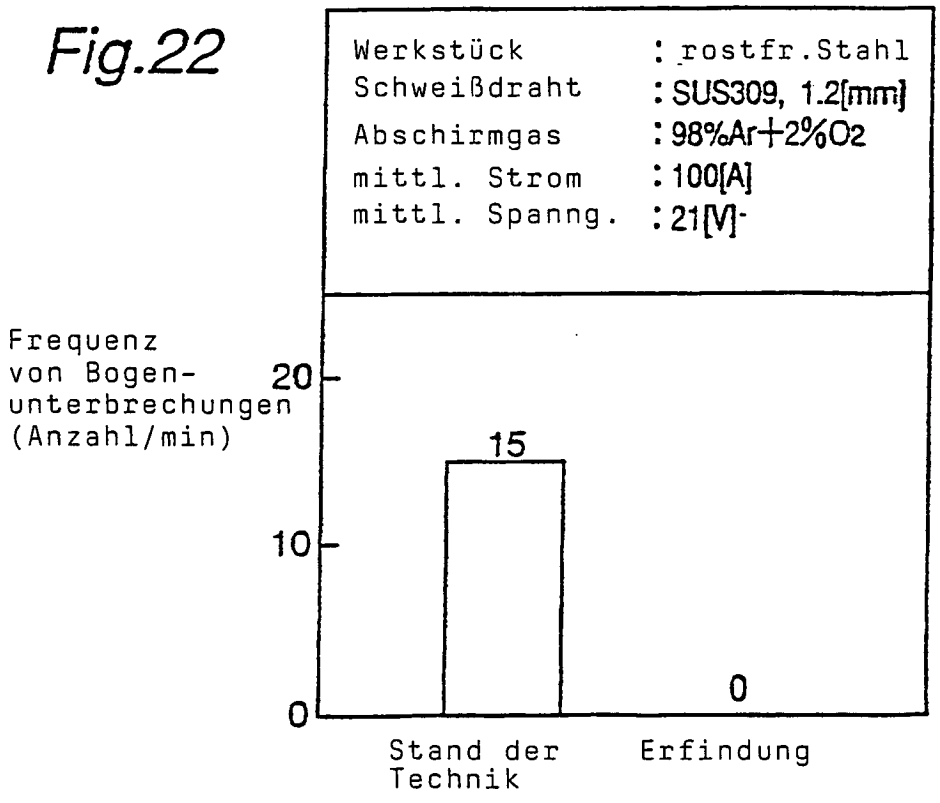
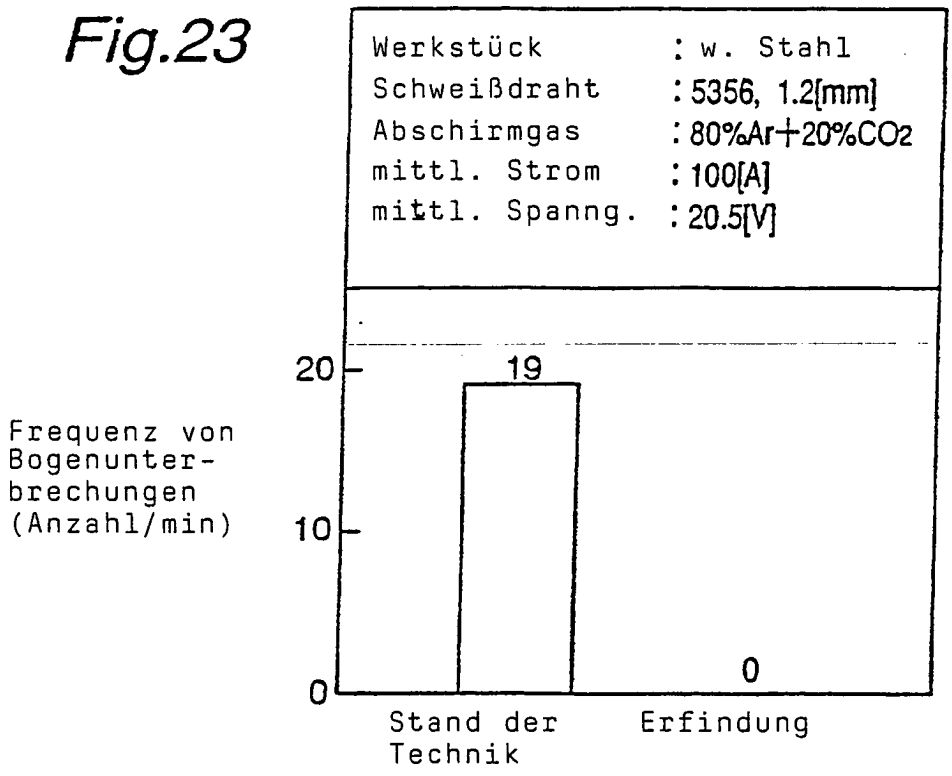

Werkstück : rostfr.Stahl
Schweißdraht : SUS309, 1.2[mm]
Abschirmgas : 98%Ar+2%O2
mittl. Strom : 100[A]
mittl. Spanng. : 21[V]
Frequenz von Bogen-unterbrechungen (Anzahl/min)
20
10
0
15
0
Stand der Technik
Erfindung

Fig.23


Werkstück : w. Stahl
Schweißdraht : 5356, 1.2[mm]
Abschirmgas : 80%Ar+20%CO2
mittl. Strom : 100[A]
mittl. Spanng. : 20.5[V]
Frequenz von Bogenunterbrechungen (Anzahl/min)
20
10
0
19
0
Stand der Technik
Erfindung