



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 22 902 T2 2005.03.10

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 855 240 B1

(51) Int Cl.⁷: B23K 9/127

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 22 902.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 101 314.7

(96) Europäischer Anmeldetag: 26.01.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 29.07.1998

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 07.04.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 10.03.2005

(30) Unionspriorität:
1268297 27.01.1997 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, DK

(73) Patentinhaber:
Nippon Steel Welding Products & Engineering
Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Universal Shipbuilding
Corp., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Hoashi, Kaoru, Narashino-shi, Chiba-ken, JP;
Wada, Tatsuroh, Narashino-shi, Chiba-ken, JP;
Maruyama, Nobuyuki, Narashino-shi, Chiba-ken,
JP; Miyazaki, Tatsuo, Konohana-ku, Osaka, 554,
JP; Nakashima, Yoshio, Konohana-ku, Osaka, 554,
JP; Ueda, Takayoshi, Konohana-ku, Osaka, 554,
JP; Nagatomo, Kazuo, Chuo-ku, Tokyo, JP;
Yamashita, Kozo, Chuo-ku, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336
München

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum einseitigen Schweißen von aus Stahl hergestellten gewölbten Werkstücken**

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 eingelebt, 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 Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum dreidimensionalen Schweißen einer Nut, die zwischen miteinander zu verschweißenden gekrümmten Elementen ausgebildet ist, und ein einseitiges Doppeltelektroden-Schutzgas-Lichtbogenschweißverfahren mit hoher Effizienz, bei dem diese Vorrichtung Verwendung findet, um einen Schweißwulst mit hoher Zähigkeit, guter Reißfestigkeit und gutem Aussehen zu schaffen, während die Erzeugung von Spritzern während des Schweißvorganges verringert wird. Insbesondere betrifft die Erfindung das einseitige Schweißen von gekrümmten Stahlplatten, die gegeneinander stoßen, wie dies bei dem Mantelblech eines Schiffsrumfes am Vordersteven oder Heck der Fall ist.

[0002] Im Schiffsbau werden diverse Stahlplatten, die jeweils 15 m × 20 m groß sind und gegeneinander stoßen, einem einseitigen Schweißprozess unterzogen, um das Mantelblech eines Schiffsrumfes herzustellen. Wenn Stahlplatten miteinander verschweißt werden, die in einem Bereich Anwendung finden, in dem sie eine gekrümmte Form annehmen, werden sie nach dem Schweißvorgang, beispielsweise des Mantelbleches am Vordersteven oder Heck, so angeordnet, dass sie gegeneinander stoßen, während sie von unten mit hydraulischen Hubvorrichtungen gelagert werden, so dass eine gewünschte Krümmung der Platten aufrechterhalten werden kann, und Stoßbereiche oder Nuten werden von oben zusammengeschweißt. In diesem Fall verläuft eine derartige Nut entlang der gekrümmten Oberfläche des geformten Mantelbleches und besitzt eine dreidimensionale Krümmung. Das Schweißen einer derartigen Nut wird beim Stand der Technik oft über einen manuellen Vorgang durchgeführt, da ein automatisches Schweißsystem, das einen Einsatz an einer geradlinigen Nut voraussetzt, nicht eingesetzt werden kann.

[0003] Ein manueller Schweißvorgang für eine Nut mit einer dreidimensionalen Krümmung ist ein zeit- und raumaufwendiger Vorgang für die Arbeiter zum Einrüsten und Abstellen der Schweißinstrumente, für den eine größere Zeitspanne als beim Schweißen einer geradlinigen Nut benötigt wird, so dass auf diese Weise die Produktivität des Schweißvorganges verringert wird. Die Schweißqualität verändert sich in Abhängigkeit vom Krümmungsgrad der Nut und der unterschiedlichen Geschicklichkeit der Schweißarbeiter, so dass eine Nachbehandlung erforderlich ist und somit die Schweißkosten ansteigen.

[0004] Ein Verfahren, mit dem ein automatisiertes Schweißen im Schiffsbau, jedoch nicht die Herstellung des Mantelbleches eines Schiffsrumfes, durchgeführt werden kann, ist aus der DE-A-35 02 631 bekannt. Diese Veröffentlichung beschreibt eine Vorrichtung zum einseitigen und horizontalen Kehlnahtschweißen in mehrere Seiten aufweisenden Rahmenkonstruktionen, die einen gekrümmten Doppelboden, der oben offen ist, und eine Vielzahl von geradlinigen Längs- und Querbalken aufweisen. Die Vorrichtung umfasst Einrichtungen zum Bewegen eines Schweißbrenners in X-, Y- und Z-Richtung sowie Einrichtungen zum Drehen des Schweißbrenners um die vertikale Z-Achse. Ferner ist die Vorrichtung mit Sensoren zum Detektieren des Abstandes zum Doppelboden und zu den Längs- und Querbalken, die die zu schweißenden Kehlnähte bilden, versehen, um auf diese Weise die Position des Schweißbrenners festzulegen und den Schweißbrenner entlang den Kehlnähten zu führen.

[0005] Die Verbreitung des Schutzgas-Lichtbogenschweißens ist in neuerer Zeit auf den verschiedenen Gebieten rasch angestiegen, weil hiermit eine Verringerung der Schweißkosten und eine höhere Effizienz beim Errichten einer Vielzahl von Schweißkonstruktionen erzielt werden können. Insbesondere ist dies im Schiffsbau und bei der Herstellung von Brückenkonstruktionen der Fall, bei denen zu einem großen Anteil stumpfgeschweißt wird. Es verbleibt jedoch die Zielsetzung einer Erhöhung der Geschwindigkeit des einseitigen Schweißens für Anwendungsfälle kurzer bis erhöhter Länge im Hinblick auf eine Verringerung der Gesamtschweißkosten.

[0006] Von den einseitigen Schweißverfahren ist das Tauch-Lichtbogenschweißverfahren Gegenstand von intensiven Untersuchungen gewesen, um dieses Verfahren als Plattenverbindungsschweißverfahren im Schiffsbau einzusetzen. Beispielsweise offenbart die japanische Patentveröffentlichung 59,072/1985 einen Tauch-Lichtbogenschweißprozess, der speziell dazu dient, eine Verringerung der Schweißwulsteindringtiefe und eine Verschlechterung des Wulstaussehens, wenn die Elektroden Schwingbewegungen durchführen, zusammen mit dem Auftreten von Rissen im anfänglichen Wulst zu verhindern. Das hier offenbare Verfahren macht jedoch die Verwirklichung einer Ausrüstung erforderlich, die schwierig genug ist, um die Anwendung dieses Verfahrens beim Schweißen von kurzen Längen zu verhindern.

[0007] Die japanische Patentveröffentlichung 49,027/1986 offenbart ein Schutzgas-Normallagenschweißverfahren unter Verwendung eines Drahtes mit einem Flussmittelkern und einer hohen Stromdichte, bei dem ein Verbunddraht mit reduziertem Durchmesser mit einer erhöhten Projektionslänge verwendet wird, um ein Nor-

mallagenscheißen mit einem hohen Strom und einer hohen Schweißgeschwindigkeit auf wirksame Weise durchzuführen und dadurch die Schweißkosten zu verringern. Die Drahtprojektionslänge beträgt jedoch 35–70 mm, was zu Problemen führt, wie einem Versagen der Abschirmung, einem Verschieben der Zielposition infolge eines Einrollens des Drahtes oder dem Entstehen von Rissen im anfänglichen Wulst während des einseitigen Schweißens.

[0008] Die japanische Patentveröffentlichung 7,543/1975 beschreibt das Füllen einer Nut, die gegen eine Unterlage stößt, mit einer geeigneten Menge von Stahlpartikeln oder Eisenpulver, um das Schweißen mit einem Draht mit reduziertem Durchmesser durchzuführen, der in Schwingung gehalten wird. Mit dieser Technik kann jedoch keine gute Schweißung ohne ein Freiräumen der Nut erreicht werden, und ein vergrößerter Winkel der Nut führt zu einer vergrößerten Querschnittsfläche derselben, wodurch die Effizienz des Plattenverbindungsorganges nachteilig beeinflusst wird.

[0009] Des weiteren beschreibt die US-PS 4 255 643 ein Schweißgerät gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1, das eine Programmierzvorrichtung zum Bewegen eines Schweißkopfes relativ zu X-, Y- und Z-Achsen und zum Drehen des Kopfes um eine vertikale Achse aufweist. Ein Sensor ist so angeschlossen, dass er sich zusammen mit dem Schweißkopf auf einer Drehbasis dreht. Horizontale und vertikale Abweichungen von der programmierten Bahn, die in der Schweißnut auftreten können, werden vom Sensor ertastet, der dann bewirkt, dass sich der Schweißkopf von seiner programmierten Bahn zu einer gewünschten korrigierten Bahn bewegt, falls erforderlich.

[0010] Ziel der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zu schaffen, die eine Automatisierung eines Schweißorganges für eine Nut mit einer dreidimensionalen Krümmung mit hoher Produktivität, hoher Qualität und niedrigen Kosten ermöglicht.

[0011] Erfindungsgemäß wird eine Vorrichtung zum einseitigen Schweißen gemäß Patentanspruch 1 zur Verfügung gestellt.

[0012] Um das Verständnis der Erfindung zu erleichtern, sind nachfolgend Elemente oder Teile, die denjenigen entsprechen, die in einer in den Zeichnungen dargestellten und später beschriebenen Ausführungsform vorkommen, mit Bezugszeichen und Buchstaben in Klammern versehen, die in dieser Ausführungsform Verwendung finden.

[0013] Bei der beschriebenen Anordnung kann die Position der Basis (2) in drei Dimensionen (X, Y, Z) durch eine Kombination des X-Bewegungsschlittens (RY), der sich in Horizontalrichtung X bewegt, des Y-Bewegungsschlittens (4), der sich in der Richtung Y bewegt, und des Z-Hubmechanismus (12) definiert oder reguliert werden. Wenn die Basis (2) dazu verwendet wird, den Schweißbrenner zu lagern, kann der Schweißbrenner (oder die Basis) so angetrieben werden, dass er der dreidimensionalen Verteilung der Nut folgt, wobei es jedoch möglich ist, die Stellung des Schweißbrenners relativ zur Nut infolge der Krümmung der Nut aus einer Bezugsstellung zu versetzen. Die Schweißvorrichtung der Erfindung ist mit einem θ -Drehmechanismus (10) versehen, der die Basis (2) zur Durchführung einer Drehbewegung um die Vertikalachse Z (0) antreibt und somit ermöglicht, dass der Schweißbrenner so gedreht werden kann, dass er relativ zur Nut in der Bezugsstellung gehalten wird.

[0014] Des weiteren können erfindungsgemäß ein Biegeinkel θ' in einer Richtung quer zu der Richtung, in der sich die Nut (b) zwischen den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) erstreckt, und ein Neigungswinkel α der Richtung, in der sich die Nut relativ zur Horizontalebene erstreckt, aus Detektionswerten einer ersten und zweiten Detektionseinrichtung (P3, P2) berechnet werden, um die Basis (2) zur Durchführung einer Drehbewegung in Abhängigkeit von θ' anzutreiben und zu bewirken, dass der Z-Hubmechanismus (12) die Basis (2) zur Durchführung einer Hubbewegung in Abhängigkeit von α antreibt. Hierdurch kann ein Schweißvorgang verwirklicht werden, bei dem der Schweißbrenner dem Biegeinkel θ' (in Drehrichtung) und dem Neigungswinkel α in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung durch einen automatischen Kopievorgang der gekrümmten Oberfläche folgt.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind ferner ein Schweißbrennerlagerrahmen (3), der so an der Basis (2) montiert ist, dass er um die Vertikalachse Z drehbar ist, und den Schweißbrenner (30L, 30T) trägt, und ein γ -Drehmechanismus vorgesehen, der einen zweiten Drehmotor (M7) umfasst, welcher den Schweißbrennerlagerrahmen (3) zur Durchführung einer Drehung um eine horizontale Welle (31a) in Abhängigkeit von einem γ -Aktivierungsbefehl antreibt. Mit dieser Anordnung kann der Schweißbrennerlagerrahmen (3) vom γ -Drehmechanismus in einer Weise angetrieben werden, die dem Neigungswinkel α in Vor-

wärts- und Rückwärtsrichtung entspricht, so dass auf diese Weise der vom Schweißbrenner mit den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) gebildete Winkel γ , in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung gesehen, im wesentlichen konstant gehalten wird, und zwar unabhängig vom Biegewinkel der miteinander zu verschweißenden Elemente in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung.

[0016] Der Schweißbrennerlagerrahmen (3) lagert den Schweißbrenner (**30L, 30T**) so, dass dieser in Richtung auf die miteinander zu verschweißenden Elemente (W1, W2) und von diesen weg bewegbar ist, und die Schweißvorrichtung umfasst des weiteren einen Schweißbrennerauf/abmechanismus einschließlich Schweißbrennerauf/abmotoren (M8, M10), die den Schweißbrenner (**30L, 30T**) so antreiben, dass dieser in Abhängigkeit von einem Hin/Weg-Aktivierungsbefehl hin und weg bewegt wird. Mit dieser Anordnung kann der Schweißbrenner (**30L, 30T**) so vom Schweißbrennerauf/abmechanismus bewegt werden, dass er sich entsprechend dem Neigungswinkel α hin oder weg bewegt, wobei der Schweißbrenner in einem festen Abstand relativ zur Nut gehalten werden kann.

[0017] Der Schweißbrennerlagerrahmen (3) lagert den Schweißbrenner (**30L, 30T**) relativ zu den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) hin und her beweglich in einer Richtung senkrecht zu einer in Längsrichtung verlaufenden Linie, die die erste und zweite Detektionseinrichtung (P3, P2) miteinander verbindet. Die Schweißvorrichtung umfasst ferner eine dritte und vierte Detektionseinrichtung (P5, P4), die beide von der Basis (2) gelagert werden und in der Richtung senkrecht zu der in Längsrichtung verlaufenden Linie beabstandet sind, um eine Z-Position der Oberfläche eines ersten Elementes (W1) und eines zweiten Elementes (W2), die miteinander zu verschweißen sind und zwischen sich eine Nut bilden, zu detektieren, und einen Schwingmechanismus einschließlich Schwingmotoren (M9, M11), die den Schweißbrenner in Abhängigkeit von einem Schwingaktivierungsbefehl hin und her bewegen. Mit dieser Anordnung kann ein Neigungswinkel β des Elementes relativ zur Horizontalebene, gesehen in der Richtung senkrecht zu der Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, aus den Detektionswerten der dritten und vierten Detektionseinrichtung (P5, P4) errechnet werden, um den Bewegungsmittelpunkt der hin und her gehenden Bewegung, die der von den Schwingmechanismen (M9, M11) angetriebene Schweißbrenner (**30L, 30T**) erfährt, entsprechend dem Neigungswinkel β zu verschieben, so dass der Bewegungsmittelpunkt in Ausrichtung zur Mitte der Nut gebracht wird oder diese verfolgt.

[0018] Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind ferner Steuereinrichtungen (8) vorgesehen, die

den Biegewinkel θ' der Nut (b) zwischen den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) in einer Richtung quer zu der Richtung, in der sich die Nut erstreckt, und den Neigungswinkel α der Richtung, in der sich die Nut relativ zur Horizontalebene erstreckt, aus Detektionswerten der ersten und zweiten Detektionseinrichtung (P3, P2) berechnen;

den Neigungswinkel β der miteinander zu verschweißenden Elemente relativ zur Horizontalebene, gesehen in einer Richtung senkrecht zu der Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, aus Detektionswerten von der dritten und vierten Detektionseinrichtung (P5, P4) berechnen;

Bewirken, dass der θ -Drehmechanismus (10) die Basis (2) in einer dem Biegewinkel θ' entsprechenden Weise dreht;

Bewirken, dass der Z-Hubmechanismus (12) die Basis (2) in einer dem Neigungswinkel α entsprechenden Weise anhebt;

Bewirken, dass der γ -Drehmechanismus (M7) den Schweißbrennerlagerrahmen (3) entsprechend dem Neigungswinkel α dreht;

Bewirken, dass der Schweißbrennerauf/abmechanismus (M8, M10) den Schweißbrenner auf die Elemente zu oder von den Elementen weg entsprechend dem Neigungswinkel α bewegt; und

Bewirken, dass der Schwingmechanismus (M9, M11) den Bewegungsmittelpunkt der hin- und hergehenden Bewegung des Schweißbrenners (**30L, 30T**) entsprechend dem Neigungswinkel β bewegt.

[0019] Mit dieser Anordnung verfolgt oder kopiert der Schweißbrenner (**30L, 30T**) den Biegewinkel θ' (in Drehrichtung) und den Neigungswinkel α in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung der Nut, wobei der Winkel γ , in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung gesehen, den der Schweißbrenner mit den zu verschweißenden Elementen (W1, W2) bildet, im wesentlichen konstant gehalten wird, und zwar unabhängig vom Biegewinkel (α) der Elemente in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, und bewegt sich der Schweißbrenner (**30L, 30T**) auf die Nut zu oder von der Nut weg entsprechend dem Neigungswinkel α in einem festen Abstand von der Nut, wobei der Bewegungsmittelpunkt der hin- und hergehenden Bewegung, die der Schweißbrenner (**30L, 30T**) durch die Wirkung der Schwingmechanismen (M9, M11) in einer dem Neigungswinkel β entsprechenden Weise durchführt, die Mitte der Nut verfolgt. Mit anderen Worten, es wird ein automatischer Kopierschweißvorgang der gekrümmten Oberfläche verwirklicht.

[0020] Auf diese Weise entfällt der Aufwand für das Einrüsten und das Anordnen der Schweißinstrumente, das zur Durchführung eines manuellen Schweißvorganges für eine Nut mit dreidimensionaler Krümmung erforderlich war, so dass Zeit und Raum eingespart werden können. Hierdurch werden ferner Schwankungen in der Schweißqualität verringert, die in Abhängigkeit von der Krümmung der Nut und unterschiedlichem Können der Schweißarbeiter auftreten, und die Zeit und der Aufwand für eine Nachbehandlung werden verringert. Auf diese Weise werden die Schweißkosten reduziert.

[0021] Erfindungsgemäß wird ferner ein Verfahren zum einseitigen Schweißen einer zwischen gekrümmten Stahlplatten ausgebildeten Nut gemäß Patentanspruch 8 zur Verfügung gestellt, bei dem eine vorstehend beschriebene Vorrichtung zum einseitigen Schweißen Verwendung findet.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei dem Draht der Folgeschweißelektrode um einen Draht mit einem Flussmittelkern, der in Gew.-% bezogen auf das Gesamtdrahtgewicht enthält:

2,5 bis 7,0% TiO_2 ,
0,4 bis 1,0% ZrO_2 ,
0,1 bis 1,0% Al_2O_3 ,
0,2 bis 1,2% Si,
1,0 bis 4,0% Mn und
0,1 bis 1,0% Mg
sowie zusätzlich Na und/oder K in einer Gesamtmenge von 0,03 bis 0,3%.

[0023] Bei der bevorzugten Ausführungsform kann der Draht der Folgeschweißelektrode in Gew.-% bezogen auf das Gesamtdrahtgewicht zusätzlich enthalten:

0,3 bis 3,0% Ni,
0,02 bis 0,2% Ti und
0,002 bis 0,015% B.

[0024] Bei der bevorzugten Ausführungsform ist mindestens der Draht der vorderen Elektrode mit einem ersten und einem zweiten Schutzgas doppelt abgeschirmt.

[0025] Andere Ziele und Merkmale der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform der Erfindung in Verbindung mit den Zeichnungen deutlich. Von den Zeichnungen zeigen:

[0026] **Fig. 1** eine perspektivische Ansicht einer Schweißvorrichtung **1** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, gesehen von oben in Richtung auf eine Seite, wobei die Mechanismen und Elemente schematisch dargestellt sind;

[0027] **Fig. 2** eine perspektivische Ansicht, teilweise im Schnitt, der in **Fig. 1** dargestellten Schweißvorrichtung **1** in der in **Fig. 1** mit strichpunktierter Linien angedeuteten, durch den Pfeil **2A** gekennzeichneten Richtung;

[0028] **Fig. 3** eine Vorderansicht, teilweise im Schnitt, der Schweißvorrichtung **1** der **Fig. 1** in der in **Fig. 1** mit strichpunktierter Linien angedeuteten, durch den Pfeil **3A** gekennzeichneten Richtung;

[0029] **Fig. 4** eine Seitenansicht in verkleinertem Maßstab äquivalent zu **Fig. 2**, die schematisch die diverse Mechanismen antreibenden Elektromotoren und generellen Positionen von Potentiometern P1–P5 und P7 und des Drehcodierers P6, die als Sensoren wirken, zeigt;

[0030] **Fig. 5** eine Darstellung des Neigungswinkels β in seitlicher Richtung von Werkstücken der **Fig. 3** und des erforderlichen Versatzes $d \times \beta$ für den Schwingungsmittelpunkt, wobei die Werkstücke W1 und W2 in einem Schnitt senkrecht zur Nut dargestellt sind;

[0031] **Fig. 6** eine perspektivische Ansicht der in **Fig. 1** gezeigten Werkstücke W1 und W2, wobei die Richtungen angedeutet sind, in denen die in **Fig. 4** gezeigten Potentiometer P2–P5 die Werkstücke W1 und W2 detektieren;

[0032] **Fig. 7** eine Draufsicht, die die Lagebeziehung zwischen der Bewegungsrichtung und der Bewegungsgeschwindigkeit (Schweißgeschwindigkeit) V der in **Fig. 1** gezeigten Sensorbasis **2** und der Nutlinie b zeigt;

[0033] **Fig. 8** eine perspektivische Ansicht der in **Fig. 1** dargestellten Werkstücke W1 und W2;

[0034] **Fig.** 9 ein Ablaufdiagramm oder ein Hauptprogramm eines von einer in **Fig.** 3 gezeigten Steuerschaltung 8 durchgeführten Steuervorganges;

[0035] **Fig.** 10 ein Ablaufdiagramm eines Schweißunterprogrammes, das in dem in **Fig.** 9 gezeigten Schritt 4 stattfindet;

[0036] **Fig.** 11 einen Längsschnitt in vergrößertem Maßstab einer doppelten Abschirmung 20, die in einem in **Fig.** 2 gezeigten Schweißbrenner 30L vorgesehen ist;

[0037] **Fig.** 12a eine Vorderansicht in vergrößertem Maßstab einer V-förmigen Nut, die zwischen den in **Fig.** 1 dargestellten Elementen W1 und W2 ausgebildet ist;

[0038] **Fig.** 12b eine Vorderansicht in vergrößertem Maßstab einer Y-förmigen Nut, die zwischen den Elementen W1 und W2 ausgebildet ist;

[0039] **Fig.** 13 die Verteilung von Kombinationen aus der Plattendicke und der Stahlkornverteilung, wenn die zwischen den verschiedenen Dicken aufweisenden Elementen ausgebildete Nut unter den in Tabelle 3 angegebenen Schweißbedingungen geschweißt wird, wobei Kombinationspunkte mit Symbolen markiert sind, die die Qualität der Schweißwülste wiedergeben;

[0040] **Fig.** 14 eine Seitenansicht der in **Fig.** 2 gezeigten Schweißvorrichtung 1, wobei der Elektrodenabstand Dw zwischen einem Draht wa1 einer vorderen Elektrode und einem Draht wa2 einer Folgeelektrode angedeutet ist; und

[0041] **Fig.** 15 die Menge der erzeugten Spritzer in Abhängigkeit vom Schweißstrom, wobei bei dem ange deuteten herkömmlichen Verfahren mit einer einzigen Abschirmung gearbeitet wird.

[0042] In Verbindung mit den **Fig.** 1, 2 und 3 wird die generelle Ausbildung einer Vorrichtung zum einseitigen Schutzgas-Lichtbogenschweißen gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beschrieben. In den **Fig.** 1 bis 3 ist mit dem Pfeil Z eine Aufwärtsrichtung gekennzeichnet, während die Pfeile X und Y eine horizontale Richtung wiedergeben. In der nachfolgenden Beschreibung wird die mit dem Pfeil Y angedeutete Richtung als Vorwärtsrichtung bezeichnet, während die mit dem Pfeil X angedeutete Richtung als Richtung nach rechts bezeichnet wird. **Fig.** 1 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die eine Schweißvorrichtung 1 von oben in Richtung auf eine Seite zeigt. Wie die **Fig.** 5 und 6 zeigen, sind miteinander zu verschweißende Werkstücke oder Elemente W1 und W2 so angeordnet, dass ihre gegenüberliegenden Ränder gegeneinander stoßen und von unten durch eine Vielzahl von nichtgezeigten hydraulischen Vorrichtungen gelagert werden, wobei diese hydraulischen Vorrichtungen auf einem Arbeitsboden F installiert sind. Jedes Werkstück erhält eine gewünschte gekrümmte Form durch Einstellen der Höhe der Lagerung durch jede hydraulische Vorrichtung. Somit besitzen die Werkstücke eine dreidimensionale Krümmung. Eine Nut b ist zwischen den aneinanderstoßenden Rändern der Werkstücke W1 und W2 ausgebildet. Infolge der dreidimensionalen Krümmung der Werkstücke W1 und W2 erstrecken sich diese in Vorwärtsrichtung und nach links nach oben. Um diese gekrümmte Form aufrechtzuerhalten, sind die Innenränder der Nut durch Haftschweißung aneinander befestigt.

[0043] Gemäß **Fig.** 1 befindet sich eine X-Richtungsschiene X1 auf dem Boden F und erstreckt sich in Horizontalrichtung X. Eine X-Richtungsschiene X2 wird von nichtgezeigten Trägerpfosten gelagert und erstreckt sich in einer Richtung parallel zur Schiene X1 an einer Stelle, die von der Schiene X1 nach vorne beabstandet ist und sich über derselben und somit im Abstand vom Boden F befindet. Das Paar der Schienen X1 und X2 bildet ein X-Schienenpaar RX. Ein X-Bewegungsschlitten Y1 ist auf der Schiene X1 gelagert, während ein X-Bewegungsschlitten Y2 auf der Schiene X2 gelagert ist. Die X-Bewegungsschlitten Y1 und Y2 lagern einen Pfosten Yz und eine Y-Richtungsschiene RY. Der Lagerpfosten Yz und die Y-Richtungsschiene RY erstrecken sich senkrecht zueinander und gehen in einander über. Der X-Bewegungsschlitten Y1 besitzt Antriebsräder, die von einem Motor M1, der auf dem X-Bewegungsschlitten Y1 montiert ist, über ein nichtgezeigtes Reduktionsgetriebe drehbar angetrieben werden. Wenn der Motor M1 eingeschaltet wird und die Antriebsräder des X-Bewegungsschlittens Y1 drehbar angetrieben werden, damit der X-Bewegungsschlitten auf der Schiene X1 laufen kann, bewegen sich der Trägerpfosten Yz und die Y-Richtungsschiene RY nach links oder rechts in X-Richtung entlang den Schienen X1 und X2, während ihre parallele Beziehung zur Y-Achse aufrechterhalten wird.

[0044] Der Bewegungsschlitten (Y-Bewegungsschlitten) 4 der Schweißvorrichtung 1 besitzt Räder 4a-4d, die auf der Y-Richtungsschiene RY angeordnet sind. Die Räder 4a-4d des Schlittens 4 besitzen Drehwellen, auf

denen nichtgezeigte Kettenräder auf integrierte und feste Weise montiert sind, welche mit einem nichtgezeigten ringförmigen Kettenriemen kämmen, der sich entlang der Schiene RY erstreckt. Der Kettenriemen wird von einem Motor M2 zur Durchführung einer Winkelbewegung angetrieben, der auf dem Bewegungsschlitten 4 montiert ist, wodurch sich der Bewegungsschlitten 4 entlang der Schiene RY in Y-Richtung bewegt.

[0045] **Fig.** 2 zeigt die Schweißvorrichtung 1 in einer durch den Pfeil **2A** angedeuteten Richtung, die in **Fig.** 1 in strichpunktierten Linien dargestellt ist, während **Fig.** 3 die Schweißvorrichtung 1 in einer durch den Pfeil **3A** angedeuteten Richtung, die in **Fig.** 1 in strichpunktierten Linien angedeutet ist, zeigt. Der Bewegungsschlitten 4 ist mittig mit einer Öffnung versehen, die sich durch den Schlitten in Vertikalrichtung erstreckt und durch die sich ein hohes säulenförmiges Hubrohr 12 erstreckt, das in Z-Richtung anhebbar ist. Auf seiner Außenfläche besitzt das Hubrohr 12 daran montierte Schienen 13a-13c, die sich in Z-Richtung erstrecken und in Passein Griff mit Gleitelementen stehen, die auf der Innenfläche der Öffnung des Bewegungsschlittens 4 montiert sind, so dass sie in Z-Richtung anhebbar sind. Am unteren Ende besitzt die Außenwand des Hubrohres 12 einen fest daran montierten Hubmotor M4, der eine Gewindestange M4s antriebt, die sich in X-Richtung erstreckt. Der Bewegungsschlitten 4 ist mit einer Gewindebohrung versehen, die sich in Z-Richtung erstreckt und in Schraubeingriff mit der Gewindestange M4s steht. Da der Bewegungsschlitten 4 von unten durch die Y-Schiene RY gelagert wird, wenn der Hubmotor M4 die Gewindestange M4s drehbar antreibt, wird das Hubrohr 12 in Z-Richtung relativ zum Bewegungsschlitten 4 angehoben.

[0046] Eine hohle Drehwelle 10, die sich in Z-Richtung erstreckt, verläuft durch die Achse des Hubrohres 12 und ist in der Horizontalebene drehbar. Ein Drehmotor M3 ist fest an der Außenwand des Hubrohres 12 benachbart zu einer oberen Öffnung desselben, die über den Bewegungsschlitten 4 nach oben vorsteht, montiert. Eine Drehwelle des Drehmotors M3 trägt auf feste Weise ein Stirnrad, das sich in einer Horizontalebene dreht und mit einem Stirnrad kämmt, das einstückig um den Rand der oberen Öffnung der Drehwelle 10 ausgebildet ist. Wenn der Motor M3 eingeschaltet wird, dreht sich das Stirnrad, das einstückig mit dessen Drehwelle ausgebildet ist, und wirkt über das Stirnrad auf die Welle 10 ein, damit sich diese um eine Mittellinie O, die den Drehpunkt bildet, relativ zum Hubrohr 12 dreht.

[0047] Eine Sensorbasis 2 wird vom unteren Ende der Drehwelle 10 getragen und dreht sich in einer Horizontalebene, wenn sich die Drehwelle 10 dreht. Eine Drehwelle eines Potentiometers P1 ist mit der Drehwelle des Drehmotors M3 verbunden und erzeugt ein elektrisches Signal, das den Drehwinkel θ der Drehwelle 10 wiedergibt.

[0048] Eine erste Nutfolgerolle ist am Boden der Sensorbasis 2 in Ausrichtung zur Mittellinie O montiert und in einer horizontalen Ebene senkrecht zur Mittellinie O (oder in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Zeichnung in **Fig.** 2 und in X-Richtung in **Fig.** 3) und ferner in Z-Richtung bewegbar. Ein Dualachsenpotentiometer P3 ist mit der ersten Nutfolgerolle verbunden. Das Potentiometer P3 umfasst ein Potentionmeter, das die Horizontalposition einer Lagerstange detektiert, die die erste Nutfolgerolle drehbar lagert, und ein anderes Potentiometer, das die Z-Position der Lagerstange detektiert, so dass ein elektrisches Signal erzeugt wird, das die Horizontalposition und Z-Position der Nut relativ zur Sensorbasis 2 wiedergibt (**Fig.** 2).

[0049] Eine zweite Nutfolgerolle ist auf dem Boden der Sensorbasis 2 an einer Stelle montiert, die einen vorgegebenen Abstand von der Mittellinie O besitzt, und ist in einer Horizontalebene (oder in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Zeichnung in **Fig.** 2 und in X-Richtung in **Fig.** 3) und ferner in Z-Richtung bewegbar. Ein Dualachsenpotentiometer P2 ist mit der zweiten Nutfolgerolle verbunden. Das Potentiometer P2 umfasst ebenfalls ein Potentiometer, das die Horizontalposition einer Lagerstange, die die zweite Nutfolgerolle drehbar lagert, detektiert, und ein anderes Potentiometer, das die Z-Position der Lagerstange detektiert, so dass auf diese Weise ein elektrisches Signal erzeugt wird, das die Horizontalposition und Z-Position der Nut relativ zur Sensorbasis 2 wiedergibt (**Fig.** 2).

[0050] Die Differenz zwischen den von den Potentiometern P3 und P2 detektierten Horizontalpositionen entspricht einem Biegewinkel (oder Neigungswinkel) der Nut in Horizontalrichtung relativ zur Sensorbasis 2 oder genauer der horizontalen Bezugslinie hiervon, und die Differenz zwischen den von den Potentiometern P3 und P2 detektierten Z-Positionen entspricht dem Neigungswinkel α der Nutlinie relativ zur Horizontalebene, in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung gesehen (**Fig.** 2).

[0051] Eine erste Werkstückfolgerolle ist am Boden der Sensorbasis 2 an einer Stelle montiert, die einen vorgegebenen Abstand von der Mittellinie O in einer Richtung senkrecht zu einer in Längsrichtung verlaufenden Linie, die die erste und zweite Nutfolgerolle (P3, P2) miteinander verbindet, besitzt, und die Z-Position einer Lagerstange, die diese Rolle lagert, wird von einem Potentiometer P5 als elektrisches Signal detektiert (siehe

Fig. 3. Eine zweite Werkstückfolgerolle ist am Boden der Sensorbasis 2 an einer Stelle montiert, die einen vorgegebenen Abstand von der Mittellinie in einer Richtung senkrecht zu der vorstehend erwähnten, in Längsrichtung verlaufenden Linie besitzt und gegenüber der ersten Werkstückfolgerolle relativ zur Mittellinie O angeordnet ist, und die Z-Position einer Lagerstange, die drehbar diese Rolle lagert, wird von einem Potentiometer P4 als elektrisches Signal detektiert (siehe **Fig. 3**). Die Differenz zwischen den von den Potentiometern P5 und P4 detektierten Z-Positionen entspricht dem Neigungswinkel β des Werkstücks relativ zur Horizontalebene in seitlicher Richtung gesehen (siehe **Fig. 3**).

[0052] Ein Drehcodierer P6 ist mit der ersten Werkstückfolgerolle (P5) verbunden und erzeugt einen Impuls für jeden Schrittewinkel der Drehung der Rolle (P5). Durch Zählen dieser Impulse wird die Bewegung der Sensorbasis 2 entlang der Nut ermittelt, und ein Zählschritt in einem vorgegebenen Zeitintervall kennzeichnet die Bewegungsgeschwindigkeit V der Sensorbasis 2 entlang der Nut oder die Schweißgeschwindigkeit.

[0053] Wie in **Fig. 2** gezeigt, erstreckt sich eine Drehwelle 31a, die in einer Richtung angeordnet ist, entlang der die erste und zweite Werkstückfolgerolle (P5, P4) angeordnet sind, oder in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Zeichnung der **Fig. 2**, drehbar im wesentlichen durch den Mittelpunkt der Sensorbasis 2. Die Sensorbasis 2 trägt einen Motor M7, von dem eine Ausgangswelle über ein Reduktionsgetriebe mit der Drehwelle 31a verbunden ist. Wenn der Motor M7 eingeschaltet wird, wird die Drehung der Drehwelle des Motors M7 vom Reduktionsgetriebe verringert, bevor sie auf die Drehwelle 31a übertragen wird. Ein Schweißbrennerlagerrahmen 3 ist fest an der Drehwelle 31a montiert. Wenn sich die Drehwelle 31a dreht, dreht sich der Schweißbrennerlagerrahmen 3 um die Drehwelle 31a, wodurch sich der Winkel γ , der von jedem Schweißbrenner 30L, 30T, der vom Rahmen 3 getragen wird, relativ zum Werkstück gebildet wird, gesehen in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, verändert. Ein Potentiometer P7 erzeugt ein elektrisches Signal, das den Drehwinkel der Drehwelle 31a wiedergibt.

[0054] Der Schweißbrenner 30L wird so vom Schweißbrennerlagerrahmen 3 gelagert, dass er in Tiefenrichtung der Nut anhebbar und in Breitenrichtung der Nut über einen Zu/Weg-Bewegungsmechanismus hin und her bewegbar ist. Dieser Mechanismus umfasst einen Motor M8, der bewirkt, dass der Schweißbrenner vorgeschoben oder zurückbewegt (oder zu/wegbewegt) wird, und einen Schwingungsmechanismus einschließlich eines Schwingmotors M9, der bewirkt, dass der Schweißbrenner in Breitenrichtung der Nut hin- und herschwingt. In entsprechender Weise wird der Schweißbrenner 30T so vom Schweißbrennerlagerrahmen 3 gelagert, dass er in Tiefenrichtung der Nut anhebbar und in Breitenrichtung der Nut über einen Zu/Weg-Mechanismus hin und her bewegbar ist, wobei dieser Mechanismus einen Motor M10, der ein Vorbewegen oder Zurückziehen (oder Zu/Wegbewegen) des Schweißbrenners bewirkt, und einen Schwingmechanismus einschließlich eines Schwingmotors M11, der ein Hin- und Herschwingen des Schweißbrenners in Richtung der Breite der Nut bewirkt, aufweist.

[0055] Eine Drahtzuführeinheit 5 ist auf der Sensorbasis 2 montiert und umfasst ein Paar von Drahtzuführeinrichtungen sowie ein Paar von Motoren M5, M6, die diese Zuführeinrichtungen antreiben. Ein Paar von Schweißdrähten wa1, wa2 wird von einer Drahtpackung, die am oberen Ende des Bewegungsschlittens 4 angeordnet ist, durch ein Rohr 14, das sich durch die Achse der Drehwelle 10 in Z-Richtung erstreckt, zur Drahtzuführeinheit 5 und durch eine Auslassöffnung 14a des Rohres 14 geführt. Nachdem sie die entsprechenden Drahtzuführeinrichtungen passiert haben, werden die Schweißdrähte den Schweißbrennern 30L, 30T zugeführt.

[0056] Beim Beginn des Schweißvorganges treiben die Motoren M5, M6 die Drahtzuführeinrichtungen an, wodurch die Drähte wa2, wa1 von der Drahtpackung wp zu den Schweißbrennern 30T, 30L geführt werden. Der dem Schweißbrenner 30L zugeordnete Motor M8 stellt die Projektionslänge des Schweißbrenners 30L oder die Distanz zur Nut b auf einen vorgegebenen Wert ein, der auf der Basis eines Einschaltbefehles von einer später beschriebenen Steuerschaltung festgelegt wird. Der Motor M9 treibt den Schweißbrenner 30L so an, dass dieser mit einer der Schweißgeschwindigkeit V entsprechenden Schwingungsrate bewegt wird. Der dem Schweißbrenner 30T zugeordnete Motor 10 stellt die Projektionslänge des Schweißbrenners 30T oder die Distanz bis zur Nut b auf einen vorgegebenen Wert ein, der auf der Basis eines Einschaltbefehles von einer später beschriebenen Steuerschaltung ermittelt wird, und der Motor M11 treibt den Schweißbrenner 30T so an, dass dieser sich mit einer der Schweißgeschwindigkeit V entsprechenden Schwingungsrate bewegt.

[0057] **Fig. 4** zeigt die Anordnung und Funktionsweise der Motoren M1–M11, Potentiometer P1–P5 und P7 und des Drehcodierers P6 zusammen. Tabelle 1 gibt die Objekte wieder, die von den Motoren M1–M11 angetrieben werden, während Tabelle 2 die Objekte angibt, die von den Potentiometern P1–P5 und P7 sowie dem Drehcodierer P6 angetrieben werden. Die in der Spalte „Hub“ in Tabelle 1 angeführten Buchstaben A bis D

weisen Werte auf, die in Abhängigkeit von der Betriebsumgebung eingestellt sind.

Tabelle 1-1

Motor Nr.	Antrieb	Hub	Motorart
M1	X-Antrieb (entlang X-Achse) von Schlitten 1	70m+A	Wechselstromservomotor
M2	Y-Antrieb (entlang Y-Achse) von Schlitten 1	15m+B	Wechselstromservomotor
M3	Drehung θ der Kopfdrehwelle 10 (Sensorbasis 2 und Kopf 3) in Horizontalebene	360°+C	Wechselstromservomotor
M4	Auf/Ab-Antrieb (entlang Z-Achse) der Kopfdrehwelle 10	2m+D	Wechselstromservomotor
M5	Drahtzuführung von der Drahtzuführeinheit 11L	-----	Gleichstrommotor
M6	Drahtzuführung von der Drahtzuführeinheit 11T	-----	Gleichstrommotor
M7	Einstellung des Vor- und Zurückwinkels γ des Kopfes 3 (Schweißbrenner 30L, 30T)	+0 20°	Gleichstrommotor

Tabelle 1-2

Motor Nr.	Antrieb	Hub	Motorart
Montiert am Kopf 3			
M8	Antrieb Schweiß- brenner 30L zur 80mm Schrittmotor Projektion (in Z-Achse)		
M9	Schweiß- Hin- und Her- brenner schwingen des 90mm Schrittmotor 30L Schweißbrenners 30L in Richtung X senkrecht zur Nut		
M10	Antrieb Schweiß- brenner 30T zur 80mm Schrittmotor Projektion (in (Z-Achse))		
M11	Schweiß- Hin- und Her- brenner schwingen des 90mm Schrittmotor 30T Schweißbrenners 30T in Richtung X senkrecht zur Nut		

Tabelle 2-1

Nr.	Detektierte Objekte	Feedback zu
P1	Detektieren des Basis-Drehwinkels (θ : Drehwinkel der Drehwelle 10)	X- und Y-Antrieb (M1, M2) des Schlittens 1
P2,3	Detektieren des Winkels der Nutlinie (θ' : Winkel der Biegung der Schweißlinie in Horizontalebene)	Verfolgung der Schweißlinie: θ' (Sollwert von $\theta \rightarrow M3$)
Detektion der Positionen durch Potentiometer	Detektieren des Auf/Abwinkels (Biegewinkel α der Schweißlinie in der Vertikalrichtung)	Auf/Ab-Antrieb der Drehwelle 10: Z-Achse (M4); Drahtprojektionslänge z (M8, M10)
P4,5	Detektieren des Neigungswinkels der Werkstücke in seitlicher Richtung (Neigungswinkel β zur Horizontalebene in einer Ebene senkrecht zur Schweißlinie)	Einstellung des Schwingungsmittelpunktes (M9, M11)

Tabelle 2-2

Nr.	Detektierte Objekte	Feedback zu
	Detektieren des Winkel der Vor- und -Zurück-	Zur Schweißbe-
P2,3	Neigung der Nut (Biege- winkel α der Schweiß- Linie in Vertikalrich-	dingung (Soll- wert des Vor- und -Zurück- winkels
Detektion der Positionen durch Potentio- Meter	tung) P6 Bewegungsgeschwindig- keit (V) des Schlittens 1	→ M7) X- und Y-An- trieb des Schlittens 1 (M1, M2)
P7	Detektieren des Nei- gungswinkels des Lager- rahmens in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung (Nei- gungswinkel des Rahmens 3 relativ zur Basis 2)	Einstellung des Vor- und -Zurück- Winkels γ des Schweißbren- ners (M7)

[0058] Die Steuerungen in bezug auf die Einschaltung der entsprechenden Motoren M1–M11 in jeder Vorwärts- oder Rückwärtsrichtung wird von einem Operator während der Initialisierung über ein Pendant **9** (siehe **Fig. 3**) durchgeführt, das lösbar in der Nachbarschaft der Sensorbasis **2** montiert ist. Nach dem Beginn des Schweißvorganges findet die Steuerung jedoch automatisch über eine Steuerschaltung **8** im Pendant **9** statt, wobei auf die detektierten Werte von den Potentiometern P1–P7 Bezug genommen wird. Die Sensorbasis **2** enthält eine Vielzahl von Motorantrieben, von denen jeder einen entsprechenden Motor antreibt. Ein Einschaltbefehl vom Pendant **9** wird jedem Motorantrieb zugeführt, der wiederum den angeschlossenen Motor in Abhängigkeit vom zugeführten Einschaltbefehl antreibt.

[0059] In Abhängigkeit von einem Schweißstartbefehl führt die Steuerschaltung **8** eine Steuerung der Bewegungsgeschwindigkeit des X-Bewegungsschlittens (Y1, Yz, RY, Y2) und des Y-Bewegungsschlittens **4**, eine θ -Drehungssteuerung für die Sensorbasis **2**, eine γ -Drehungssteuerung für den Schweißbrennerlagerrahmen **3** und eine Nutfolgesteuerung in bezug auf die Projektion der Schweißbrenner und den Mittelpunkt der Bewegung von dessen Schwingung durch, so dass bewirkt wird, dass der Schweißbrenner die Nut b verfolgt. Der Schweißbrenner wird so gesteuert, dass er eine hierfür vorgesehene Haltung und Sollposition erreicht, und die Schweißgeschwindigkeit wird auf die vorgesehene Geschwindigkeit in Abhängigkeit von den Informationen, die vorher vom Pendant **9** zugeführt wurden, und Detektionswerten von den Potentiometern P1–P5 und P7 und dem Drehcodierer P6 gebracht.

[0060] **Fig. 9** zeigt ein Hauptprogramm, das einen von der Steuerschaltung **8** durchgeführten Steuervorgang wiedergibt. Wenn die Stromzufuhr eingeschaltet wird, löscht die Steuerschaltung **8** sämtliche internen Speicher und Zähler in Schritt **1**. Eine nichtgezeigte Lampe im Pendant **9** wird erleuchtet, um die Beendigung der

Initialisierung der Speicher anzuzeigen und dann auf einen Eingangsbefehl von einem Operator (Initialisierung) zu warten. Entsprechende Motoren M1–M11 können vom Operator in Abhängigkeit von einer Tastenoperation auf einem nichtgezeigten Steuerpaneel des Pendant **9** angetrieben werden.

[0061] Wenn der Operator die Beendigung der Initialisierung durch Erleuchten der Lampe am Pendant **9** feststellt, betätigt er eine Taste oder Tasten auf dem nichtgezeigten Steuerpaneel des Pendants **9**, um auf diese Weise wahlweise die Motoren M1–M11 einzuschalten und die Haltung der Schweißbrenner **30L, 30T** sowie deren Abstände zur Nut b festzulegen. Speziell wird folgendes durchgeführt:

1. Die Motoren M1 und M2 werden angetrieben, um die Mittellinie O bis zu einem Punkt Op (Fig. 1, 2 und 3) zu bewegen, an dem ein Abtastvorgang in bezug auf die Nut b begonnen wird. Der Motor M4 wird angetrieben, um die Sensorbasis **2** abzusenken und die erste Nutfolgerolle (P3) an dem Punkt anzuordnen, an dem der Abtastvorgang begonnen wird (innerhalb der Nut). Der Punkt, an dem der Abtastvorgang begonnen wird, befindet sich an einem Ende der Nutlinie, die eine untere Z-Position oder entsprechende Höhe besitzt. Die Werkstücke W1 und W2 befinden sich auf dem Boden F, so dass sich die Nutlinie etwa parallel zur Y-Achse erstreckt.
2. Der Motor M3 wird angetrieben, um die Drehwelle **10** (oder Sensorbasis **2**) zu drehen und die zweite Nutfolgerolle (P2) in Schweißrichtung vor der ersten Nutfolgerolle P3 in der Nut b anzuordnen.
3. Der Motor M4 wird angetrieben, um die Sensorbasis **2** anzuheben und die Höhe der Sensorbasis **2** so einzustellen, dass die erste und zweite Nutfolgerolle (P3, P2) in der Nut liegen, ihre Z-Positionen nahe am Mittelpunkt eines Bereiches der Z-Positionseinstellung liegen und die erste und zweite Werkstückfolgerolle P5, P4 gegen das Werkstück stoßen und deren Z-Positionen nahe am Mittelpunkt des Bereiches der Z-Positionseinstellung angeordnet sind.
4. Es wird befohlen, eine Starthaltung aufzubauen. In Abhängigkeit von einem Befehl zum Aufbau einer Starthaltung liest die Steuerschaltung **8** elektrische Signale von den Potentiometern P3, P2, die in digitale Signale umgewandelt worden sind. Unter Verwendung der Motoren M3 wird die Sensorbasis **2** rotatorisch angetrieben, so dass die Horizontalpositionen (in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Zeichnung der Fig. 2) der Potentiometer P3, P2 neutral sind und keine Abweichung in der Horizontalposition besitzen. Hierdurch werden die erste Nutfolgerolle (P3) und die zweite Nutfolgerolle P2 in die Horizontalposition gebracht, die relativ zur Sensorbasis **2** Horizontalpositionen sind, ohne dass irgendeine Verschiebung in den Horizontalpositionen auftritt, und werden die Schweißbrenner **30L, 30T** auf einer die beiden Rollen (P3, P2) verbindenden in Längsrichtung verlaufenden Linie angeordnet.
5. Der Motor M7 wird angetrieben, um den Schweißkopf **3** zur Durchführung einer y-Drehung anzutreiben, wodurch der Winkel (der Winkel y in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung), unter dem die Schweißbrenner **30T, 30L** der Nut b folgen, auf geeignete Werte eingestellt wird.
6. Die Motoren M5 und M6 werden angetrieben, um die Schweißdrähte wa1, wa2 den Schweißbrennern **30T, 30L** zuzuführen.
7. Die Motoren M9 und M11 werden angetrieben, um die Schweißbrenner **30T, 30L** hin und her zu schwingen und somit die Schwingungsbewegung relativ zur Nut b in einer senkrecht hierzu verlaufenden Richtung einzustellen.
8. Die Motoren M8 und M10 werden angetrieben, um die Projektionslänge der Schweißbrenner **30T, 30L** oder die Abstände zwischen der Nut b und den distalen Enden der Schweißbrenner einzustellen.

[0062] Die vorstehend beschriebenen Vorgänge 1 bis 8 sind beispielhaft für einen Initialisierungsvorgang, wobei die Sequenz dieses Vorganges modifiziert; wiederholt oder weggelassen werden kann, falls gewünscht. Der Operator gibt dann eine erforderliche Schweißgeschwindigkeit Va über die Tasten am Steuerpaneel des Pendants **9** ein. Nach Beendigung der Initialisierung zeigt der Operator die Beendigung der Initialisierung durch eine Tastenoperation am Steuerpaneel des Pendants **9** an.

[0063] Die Steuerschaltung **8** gibt die eingegebene Schweißgeschwindigkeit Vs in ein Register. Wenn es ein Eingangssignal gibt, das die Beendigung der Initialisierung anzeigt, liest sie elektrische Signale von den Potentiometern P1–P5 und P7, die in digitale Signale umgewandelt werden, und gibt die Breite der Bewegung sowie die Mittelposition der Schwingung in Register. Wenn die Horizontalpositionen (d. h. die Positionen in einer Ebene senkrecht zur Ebene der Zeichnung der Fig. 2) der Potentiometer P3, P2 keine neutralen Punkte sind, was einen Versatz in einer Horizontalposition ungleich Null bedeutet, treibt der Motor M3 die Sensorbasis **2** in entsprechender Weise wie unter Absatz 4 erwähnt drehbar an, wodurch der Bedarf nach Einstellungen, wie unter den Absätzen 5 bis 8 erwähnt, entfällt. Es wird dann eine Prüfung durchgeführt, um zu bestimmen, ob sich die Horizontalpositionen von den Potentiometern P3, P2 an neutralen Punkten befinden oder nicht und ob der Drehwinkel θ , der vom Potentiometer P1 angegeben wird, der Drehwinkel y (der Winkel, den der Schweißbrenner relativ zur Horizontalebene bildet, in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung gesehen), der vom Potentiometer P7 angezeigt wird, die Projektionslänge des Schweißbrenners, die Schwingungsbewegung und

die Mittelposition der Bewegung des Schweißbrenners korrekt sind oder nicht, indem festgestellt wird, ob diese Werte in entsprechenden vorgegebenen Bereichen liegen. Wenn festgestellt wird, dass die Werte korrekt sind, wird eine Schweißstartfreigabe angekündigt. Wenn festgestellt wird, dass alle Werte oder einige Werte nicht korrekt sind, wird der Bedarf nach Neueinstellungen der Parameter, die als inkorrekt festgestellt wurden, gemeldet.

[0064] Wenn die Schweißstartfreigabe angekündigt wird, verbleibt die Steuerschaltung **8** im Standby-Zustand, bis ein Befehl zum Initiieren eines Schweißvorganges, der durch eine Tastenoperation des Operators abgegeben wird, ankommt. Wenn der Befehl zum Initiieren des Schweißvorganges ankommt, wird der Schweißvorgang initiiert (Unterprogramm der Schritte **3** und **4**). Wenn es gewünscht wird, den Schweißvorgang zu unterbrechen, führt der Operator eine Tastenoperation des Pendants **9** durch, um „Schweißstopp“ einzugeben, was nachfolgend beschrieben wird.

[0065] **Fig.** 10 zeigt ein „Schweißunterprogramm“, das in Schritt **4** stattfindet. Die Steuerschaltung **8** bewirkt dann, dass jeder vom Drehcodierer P6 erzeugte Impuls hochgezählt wird, und liest die inkrementierte Zählung bei einer vorgegebenen Zeitdauer, um eine Schweißgeschwindigkeit V zu berechnen, die in einem Register abgelegt wird, während der inkrementierte Zählerwert gelöscht wird (Schritt **41**), und liest elektrische Signale aus den Potentiometern P1–P5 und P7, die in digitale Signale umgewandelt wurden (Schritt **42**). Danach berechnet sie die folgenden Zustandsinformationen (Schritt **43**):

Den Biegewinkel θ' der Nut: den Biegewinkel θ' der Nut b relativ zur Sensorbasis **2**, in Richtung der θ -Drehung gesehen, der aus der Differenz zwischen den von den Potentiometern P3 und P2 detektierten Horizontalpositionen berechnet wird;

den Winkel α der Nut in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung: den Winkel α (siehe **Fig.** 2), den die Nutlinie relativ zur Horizontalebene an einer Stelle unmittelbar unter der Sensorbasis **2** bildet. Dieser Winkel wird aus der Differenz zwischen den von den Potentiometern P3 und P2 detektierten Z-Positionen berechnet; und den Neigungswinkel β des Werkstücks in seitlicher Richtung: den Neigungswinkel β des Werkstücks (siehe **Fig.** 3) in einer Richtung quer zur Nut, der aus der Differenz zwischen den von den Potentiometern P5 und P4 detektierten Z-Positionen berechnet wird.

[0066] Wenn diese Zustandsinformationen θ' , α und β berechnet werden, berechnet die Steuerschaltung **8** einen Solldrehwinkel $\theta = \theta + \theta'$, der für die Sensorbasis **2** erforderlich ist, um den Biegewinkel θ' der Nut relativ zur Sensorbasis **2** auf Null zu verringern, und berechnet dann die folgenden Geschwindigkeiten:

X-Solllaufgeschwindigkeit $V_{sx} = V_{scos\theta}$,

Y-Solllaufgeschwindigkeit $V_{sy} = V_{ssin\theta}$,

X-Laufgeschwindigkeit $V_x = V_{cos\theta}$,

Y-Laufgeschwindigkeit $V_y = V_{sin\theta}$

[0067] (Schritt **44**). θ gibt einen Wert wieder, der vom Potentiometer P1 detektiert wird.

[0068] **Fig.** 7 zeigt die Beziehung zwischen der Bewegungsrichtung und der Bewegungsgeschwindigkeit (Schweißgeschwindigkeit V der Sensorbasis **2**) sowie der Nutlinie. Man erkennt, dass die Bewegungsgeschwindigkeit V eine X-Komponente von $V_{cos\theta}$ und eine Y-Komponente von $V_{sin\theta}$ besitzt.

[0069] Die Steuerschaltung **8** berechnet dann Sollwerte (Schritt **45**). Die Abweichung der X-Laufgeschwindigkeit V_x relativ zur X-Solllaufgeschwindigkeit V_{sx} wird anfangs berechnet und ein Sollerregungsstrom für den Motor M1, der erforderlich ist, um diese Abweichung auf Null zu bringen, wird durch eine PID-Technik berechnet. In entsprechender Weise wird die Abweichung der Y-Laufgeschwindigkeit V_y relativ zur Y-Solllaufgeschwindigkeit V_{sy} berechnet, und der Sollerregungsstrom für den Motor M2, der erforderlich ist, um diese Abweichung auf Null zu bringen, wird über die entsprechende PID-Technik berechnet. Auf der Basis der Detektionsdaten von den Potentiometern P2–P5 und P7 und der Bewegung der Schwingung, der Mittelposition der Bewegung sowie der Projektionslänge des Schweißbrenners, die bei Beendigung der Initialisierung eingelesen worden sind, und der Detektionsdaten von den Potentiometern P2–P5 und P7, die momentan eingelesen werden, berechnet die Steuerschaltung die Sollwerte für den Schweißbrennerwinkel γ in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, die Projektionslänge des Schweißbrenners, die Schwingungsbewegung sowie die Mittelposition der Bewegung, die erforderlich sind, um im wesentlichen die gleiche Relativposition und Haltungen zwischen der Nut und dem Schweißbrenner bei Beendigung der Initialisierung aufrechtzuerhalten.

[0070] **Fig.** 5 zeigt den erforderlichen Versatz $d \times \beta$ für die Mittelposition der Schwingungsbewegung, der dem Neigungswinkel β der Werkstücke in seitlicher Richtung entspricht. Der Sollwert für die Mittelposition der Schwingungsbewegung wird als äquivalent zur Mittelposition der Schwingungsbewegung, die während der In-

initialisierung erstellt wurde, verschoben um eine Größe, die der Abweichung zwischen dem erforderlichen Versatz $d \times \beta$, der momentan berechnet wurde, gegenüber dem erforderlichen Versatz, der während der Initialisierung ermittelt wurde, festgelegt.

[0071] Die Steuerschaltung **8** treibt dann die Motoren M1–M11 gemäß den berechneten Sollwerten an (Schritt **46**). Auf diese Weise werden die Motoren gemäß den letzten Sollwerten angetrieben. Speziell treibt die Steuerschaltung **8** den Motor M4 so an, dass die vom Potentiometer P3 detektierte Z-Position die Z-Position einnimmt, die bei Beendigung der Initialisierung zum Antreiben der Sensorbasis **2** für die Hubbewegung angenommen wurde, treibt den Motor M3 so an, dass der vom Potentiometer P1 detektierte Winkel θ den Sollwinkel θ annimmt, und treibt auch die Motoren M7–M11 so an, dass der Schweißbrennerwinkel in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, die Projektionslänge des Schweißbrenners, die Schwingungsbewegung sowie die Mittelposition der Bewegung in Ausrichtung mit den entsprechenden Sollwerten gebracht werden. Des Weiteren beschleunigt oder verzögert die Steuerschaltung die Motoren M1 und M2, um die X-Laufgeschwindigkeit Vx und die Y-Laufgeschwindigkeit Vy in Ausrichtung mit den entsprechenden Sollwerten Vsx und Vsy zu bringen.

[0072] Die Steuerschaltung **8** ermittelt dann, ob ein „Schweißstopp“-Befehl über eine Tastenoperation des Pendants **9** vom Operator eingegeben wurde oder nicht oder ob die zweite Nutfolgerolle (Potentiometer P2) das Ende der Nut b erreicht hat (Schritt **47**). Wenn eines dieser Ereignisse eingetreten ist, kehrt die Steuerschaltung zu dem in **Fig. 9** gezeigten Schritt **5** zurück. Wenn jedoch kein Ereignis eingetreten ist, wartet die Steuerschaltung die von einem Timer, der die Steuerperiode festlegt, eingestellte Zeit ab und rückt dann zu Schritt **41** vor, um den nächsten Steuerzyklus zu beginnen.

[0073] Wenn der „Schweißstopp“-Befehl eingegeben wurde oder das elektrische Signal vom Potentiometer **2** anzeigt, dass das Ende der Nut erreicht ist, führt die Steuerschaltung **8** eine in Schritt **5** (**Fig. 9**) gezeigte Endbehandlung durch, gemäß der der Schweißvorgang von den Schweißbrennern **30L**, **30T** beendet wird und die entsprechenden Motoren zu einem Stopp gebracht werden.

[0074] Eine doppelte Abschirmung **20** ist an einem distalen Ende eines jeden Schweißbrenners **30L** und **30T** montiert (**Fig. 2**). **Fig. 11** zeigt eine am Schweißbrenner **30L** montierte doppelte Abschirmung **20** in einem Längsschnitt in vergrößertem Maßstab. Der Schweißbrenner **30L** führt den Schweißdraht wa1 durch eine Schweißspitze, die am distalen Ende angeordnet ist, in die Nut, während Schutzgase zugeblasen werden. Die doppelte Abschirmung **20** umfasst eine Befestigung **21**, die fest am Schweißbrenner **30L** angebracht ist, sowie eine Innendüse **22** und eine Außendüse **23**, die fest an der Befestigung **21** angebracht sind. Die Innendüse **22** umgibt die Schweißspitze **6**, um ein erstes Schutzgas, das aus dem Schweißbrenner **30L** geblasen wird, entlang der Spitze **6** nach unten zu führen. Das erste Schutzgas wird aus einer Öffnung geblasen, die am unteren Ende der Innendüse **22** angeordnet ist, um den Schweißdraht wa1, der außerhalb der Spitze **6** freiliegt, zu bedecken. Die Außendüse **23** besitzt eine untere Hälfte, die konisch ausgebildet ist, und ein zweites Schutzgas G wird von außerhalb des Schweißbrenners **30L** in die Außendüse **23** eingeführt und strömt entlang der äußeren Umfangsfläche der Innendüse **13**, um aus einer Öffnung herausgeblasen zu werden, die am unteren Ende derselben angeordnet ist, um auf diese Weise den Außenbereich des ersten Schutzgases zu bedecken. Somit wird ein Schmelzbereich, der direkt unter dem Schweißdraht wa1 angeordnet ist, vom ersten und zweiten Schutzgas doppelt abgeschirmt. In der nachfolgenden Beschreibung wird der Fall, bei dem sowohl das erste als auch das zweite Schutzgas abgeblasen werden, als „doppelte Abschirmung“ bezeichnet, während der Fall, bei dem nur das erste Schutzgas abgeblasen wird, als „einfache Abschirmung“ oder „ohne doppelte Abschirmung“ bezeichnet wird.

[0075] Es wird nunmehr ein einseitiger Schweißvorgang unter Verwendung der vorstehend erwähnten Schweißvorrichtung **1** beschrieben, der bei gekrümmten Werkstücken W1, W2 stattfindet, die eine kontinuierliche Neigung in Richtung der Schweißlinie (Y-Richtung) und in senkrechter oder vertikaler Richtung (X-Richtung) besitzen. Die Neigung des Werkstücks in Richtung der Schweißlinie (Y-Richtung) wird als Neigung bezeichnet, während die Neigung des Werkstücks in senkrechter Richtung (X-Richtung) als Drehung bezeichnet wird.

[0076] Es wird davon ausgegangen, dass eine zwischen den Werkstücken W1, W2 ausgebildete Nut entweder V-förmig (wie in **Fig. 12a** gezeigt) oder Y-förmig (wie in **Fig. 12b** gezeigt) ausgebildet ist und einen Nutwinkel von 30–65° besitzt. Um eine Verschiebung der Nut während des Schweißvorganges zu verhindern, werden die Innenflächen der Nut durch Haftschweißung miteinander verbunden. Die Rückseite der Nut wird mit einer Unterlage BP versehen, und Stahlpartikel oder Eisenpulver wird in der Nut bis auf eine Höhe dispergiert, die einem Viertel bzw. zu zwei Dritteln der Plattendicke entspricht oder größer ist. Ein Führungsschweißelektroden draht wa1 (Schweißbrenner **30L**) wird mit einer Schwingung mit einer Frequenz von 40 bis 150 Zyklen pro

Minute beaufschlagt, während eine Folgeschweißelektrodendraht wa2 (Schweißbrennr **30T**) mit einer Schwingung mit einer Frequenz von 30 bis 120 Zyklen pro Minute beaufschlagt wird. Es versteht sich, dass ein Schwingungszyklus eine hin- und hergehende Bewegung umfasst.

[0077] Die Schweißstromdichte des Führungsschweißelektrodendrahtes wa1 wird so ausgewählt, dass sie 200 A/mm^2 des Drahtquerschnittes entspricht oder größer ist, während die Schweißstromdichte für den Folgeschweißelektrodendraht wa2 so ausgewählt wird, dass er 150 A/mm^2 des Drahtquerschnittes entspricht oder größer ist. Der Interelektrodenabstand Dw zwischen dem Führungsschweißelektrodendraht wa1 (L-Elektrode) und dem Folgeschweißelektrodendraht wa2 (T-Elektrode) wird so ausgewählt, dass er in einem Bereich von 100 bis 600 mm liegt, um einen einseitigen Dualelektronen-Schutzgaslichtbogenschweißvorgang durchzuführen. Auf diese Weise wird eine Lichtbogenstabilisierung erzielt und werden ein vorderer und hinterer Schweißwulst mit einer guten Rissfestigkeit und einem guten Aussehen mit hoher Schweißeffizienz erzielt. Der Interelektrodenabstand Dw kennzeichnet den Abstand zwischen den Drähten wa1 und wa2, gemessen entlang dem Werkstück, wie in **Fig. 14** gezeigt.

[0078] **Fig. 13** zeigt graphisch Beziehungen zwischen der Dispersionshöhe der Stahlpartikel und Konfigurationen des Schweißwulstes bei einseitigen Schutzgaslichtbogenschweißvorgängen mit mehreren Elektroden bei diversen Plattendicken. Die Schweißbedingungen sind in Tabelle 3 angegeben. Bei diesem Versuch werden die Größe des Stromes, der Schwingungsbewegung und der Schwingungsfrequenz in Abhängigkeit von unterschiedlichen Plattendicken verändert. Der in Tabelle 3 verwendete Begriff „Fußspalt“ betrifft die minimale Distanz zwischen dem gegenüberliegenden Werkstücken W1 und W2 in den Querschnitten der Nut, wie in **Fig. 12b** gezeigt.

Tabelle 3

Gegenstände	Detail
Zu verschweißende Elemente	<p>Stahlart : 490N/mm^2 hochzugfester Stahl</p> <p>Schweißlänge: 1.000 mm,</p> <p>Beim Start: Neigung von 0° und Drehung von 5°,</p> <p>Am Ende: Neigung von 10° und Drehung von 10°</p>
Draht	<p>Führungsschweißelektrodendraht: Stahldraht (1.6mmϕ)</p> <p>Folgeschweißelektrodendraht: Draht mit Flussmittelkern (1.6mmϕ)</p>
Stahlpartikel	(1.0mm ϕ x 1.0mm)
Unterlage	<p>Feste Keramikunterlage</p> <p>Kupferplattenunterlage (kombiniert mit Glasband)</p> <p>oder mit Flussmittel versehene Kupferunterlage</p>
Gas und Durchsatz	$\text{CO}_2: 25\ell/\text{min}$ sowohl für die Führungs- als auch für die Folgeelektrode
Schweißbedingungen	<p>Führungselektrode: 450A-43V } beide mit einer Schweißgeschwindigkeit von 15-45 cm/min</p> <p>Folgeelektrode: 330A-35V }</p> <p>Interelektrodenabstand zwischen Führungs- und Folgeschweißelektrode: 300 mm</p>
Ausschlag und Schwingungsfrequenz	<p>Ausschlag : 4~15mm (Schwingung des Schweißbrenners in einer Richtung senkrecht zur Schweißlinie und parallel zur Plattenoberfläche)</p> <p>Frequenz : 40~150 Zyklen pro Minute</p>
Form der Nut	<p>50° V-förmige Nut</p> <p>(Fußspalt : 0~1mm, Höhe der Haftschweißung 2~7mm)</p>

[0079] In Fig. 13 finden diverse Symbole Verwendung, um die Schweißqualität zu kennzeichnen. Ein Kreis kennzeichnet eine gute Konfiguration des Schweißwulstes, ein Dreieck kennzeichnet eine schlechte Konfiguration des Schweißwulstes und x kennzeichnet eine schlechte Konfiguration des Schweißwulstes oder das Auftreten eines Durchbrenners.

[0080] Aus Fig. 13 geht hervor, dass eine gute Konfiguration des Schweißwulstes mit einem Schweißvorgang

erhalten wird, bei dem Stahlpartikel bis auf eine Höhe von einem Viertel bis zwei Dritteln der Plattendicke in jeder Nut entsprechend einer unterschiedlichen Plattendicke dispergiert wurden. Wenn die Dispersionshöhe zwei Drittel der Plattendicke übersteigt, ergibt sich eine schlechte Konfiguration der Schweißwulste, oder es wird überhaupt kein Schweißwulst gebildet. Bei einer Dispersionshöhe von weniger als einem Viertel der Plattendicke trat ein Durchbrenner auf.

[0081] Für die Lichtbogenstabilität und eine gute Konfiguration des Schweißwulstes wird bevorzugt, dass die Partikelgrößenverteilungen der Stahlpartikel oder des Eisenpulvers Partikelgrößen aufweisen, die 1,5 mm entsprechen oder geringer sind. Die Stahlpartikel oder das Eisenpulver umfassen Fe als Hauptbestandteil. Aus Gründen der Rissfestigkeit wird jedoch bevorzugt, dass C mit 0,10% oder weniger und S und P mit 0,20% oder weniger enthalten sind. Im Hinblick auf die Festigkeit und Zähigkeit des verschweißten Metall kann andere Bestandteile, wie Si, Mn oder Mo, enthalten sein. Zusätzlich kann ein desoxidierendes oder legierendes Mittel vorhanden sein. Wenn die Partikelgröße und die Bestandteile in der vorstehend beschriebenen Weise ausgewählt werden, können granulare Partikel, die durch das Durchtrennen von Drähten verschiedener Größen geformt werden, verwendet werden.

[0082] Mit einem Nutwinkel unter 30° verschlechtert sich die Gleichförmigkeit des Schweißwulstes, während mit einem Nutwinkel von über 65° der Querschnittsbereich der Nut ansteigt, was zu einer Verschlechterung der Schweißeffizienz führt.

[0083] Eine Haftschweißung der Innenflächen der Nut ermöglicht eine Verringerung der Spaltschwankungen während des Schweißvorganges. Bei Verwendung einer festen Keramikunterlage kann diese mit einer geringen Kraft gegen die zu verschweißenden Werkstücke gelagert werden, um die Unterlage BP gegen die Rückseiten der Werkstücke zu drücken. Hierdurch müssen keine Magneten oder Halteeinrichtungen verwendet werden. Der Arbeitsaufwand wird daher verringert. Ein entsprechender Effekt kann erreicht werden, wenn eine Kupferblechunterlage mit einem kombinierten Glasband oder eine mit einem Flussmittel versehene Kupferunterlage anstelle der festen Keramikunterlage verwendet wird.

[0084] Die Haftschweißung über die Innenflächen der Nut kann sich über die gesamte Schweißlänge oder einen Teil hiervon erstrecken. Es wird bevorzugt, dass die durch die Haftschweißung erzeugte Wulsthöhe 7 mm entspricht oder geringer ist, um den Schweißwulst zu stabilisieren, jedoch 2 mm entspricht oder größer ist, um eine perfekte Haftschweißung sicherzustellen.

[0085] Es wird bevorzugt, den Fußspalt auf 5 mm oder weniger und die Fußfläche (siehe **Fig. 12b**) für die Y-förmige Nut auf 3 mm oder weniger zu setzen, um das Plattenverbindungsschweißen zu erleichtern und die Stabilität des Schweißwulstes zu verbessern. Wenn der Fußspalt 5 mm übersteigt, wird durch einen Anstieg des Querschnittsbereiches der Nut die Schweißeffizienz verringert.

[0086] Wenn die Schweißstromdichte für den Führungsschweißelektrodendraht wa1 unter 200 A/mm^2 des Schweißquerschnittes liegt, kann kein stabilisierter Schweißwulst erhalten werden. Insbesondere entwickelt sich im Bereich der Haftschweißung ein nichtschmelzender Bereich. Wenn die Schweißstromdichte für die Folgeschweißelektrode wa2 unter 150 A/mm^2 des Drahtquerschnittes liegt, resultiert eine schlechte Penetration.

[0087] Für den Führungsschweißelektrodendraht wa1 können beliebige feste Drähte aus weichem Stahl, Stahl mit hoher Zugfestigkeit und Niedrigtemperaturstahl, wie in JIS Z 3312 und Z 3325 definiert, zu guten Ergebnissen führen. Wenn jedoch für das Schweißmetall eine hohe Zähigkeit gefordert wird, wird bevorzugt, einen massiven Draht aus Niedrigtemperaturstahl zu verwenden, wie in JIS Z 3312 und Z 3325 definiert.

[0088] Angesichts der hohen Schweißstromdichte pro Drahtquerschnitt wird bevorzugt, einen Drahtdurchmesser von 1,4 bis 2,0 mm für den Führungselektrodendraht wa1 und einen Drahtdurchmesser von 1,2 bis 2,0 mm für den Folgeelektrodendraht wa2 zu verwenden, um ein gutes Schweißvermögen und eine gute Konfiguration des Schweißwulstes zu erreichen.

[0089] Wie vorstehend erwähnt, beträgt die Schwingungsfrequenz für den Führungselektrodendraht wa1 (Schweißbrenner **30L**) 40 bis 150 Zyklen pro Minute, um eine gute Konfiguration des Schweißwulstes sicherzustellen. Unter 40 Zyklen pro Minute wird die Wellenform des Wulstes aufgerauht, und es wird verhindert, dass ein Schweißwulst einer guten Konfiguration erhalten wird. Über 150 Zyklen pro Minute wird der Lichtbogen unbeständig, wodurch wiederum verhindert wird, dass ein Schweißwulst einer guten Konfiguration erhalten wird. Die Schwingungsfrequenz, mit der der Folgeelektrodendraht wa2 beaufschlagt wird, wird mit 30 bis 120 Zyklen pro Minute gewählt, um eine gute Konfiguration des vorderen Wulstes sicherzustellen. Unter 30

Zyklen pro Minute wird die Wellenform des Wulstes aufgerauht und verhindert, dass ein vorderer Wulst mit guter Konfiguration erhalten werden kann. Über 120 Zyklen pro Minute wird der Lichtbogen unbeständig, wodurch wiederum verhindert wird, dass ein vorderer Wulst einer guten Konfiguration erhalten werden kann.

[0090] Die Schwingungsbewegung, mit der die Elektrode beaufschlagt wird, wird in Abhängigkeit von der Plattendicke schrittweise verändert, um eine gute Wulstoberfläche zu erhalten. Für eine Plattendicke in der Größenordnung von 10 mm wird bevorzugt, den Schwingungsausschlag mit 4 mm für den Führungselektrodendraht wa1 und mit 6 mm für den Folgeelektrodendraht wa2 zu wählen. Für eine Plattendicke in einer Größenordnung von 25 mm wird bevorzugt, den Schwingungsausschlag mit 10 mm für den Führungselektrodendraht wa1 und mit 15 mm für den Folgeelektrodendraht wa2 auszuwählen.

[0091] Wenn der Interelektodenabstand Dw (Fig. 8) zwischen der Führungselektrode (L) und der Folgeelektrode (T) unter 100 mm liegt, wird der Lichtbogen unbeständig und der Schweißwulst übermäßig groß. Wenn der Abstand andererseits 600 mm überschreitet, muß die Größe der Vorrichtung auf ein unerwünschtes Maß erhöht werden, obwohl ein derartiger Abstand wirksam ist, um die Zähigkeit zu verbessern.

[0092] Die Schweißgeschwindigkeit wird in Abhängigkeit von der Plattendicke festgelegt, und ein guter Schweißvorgang kann mit einer Schweißgeschwindigkeit von 40 cm/min bis 45 cm/min bei einer Plattendicke in einer Größenordnung von 10 mm und mit einer Schweißgeschwindigkeit von 15 cm/min bis 20 cm/min bei einer Plattendicke in einer Größenordnung von 25 mm erreicht werden.

[0093] Die Schwingung, mit der die Elektroden oder Drähte wa1, wa2 beaufschlagt werden, kann in einer Richtung senkrecht zur Schweißlinie und parallel zur Ebene der Werkstücke oder in einer Richtung senkrecht zur Schweißlinie und parallel zur Horizontalebene mit ähnlichen Effekten verlaufen.

[0094] Der Näherungswinkel γ des Drahtes zur Werkstückoberfläche (Fig. 2) kann sowohl für die Führungselektrode als auch für die Folgeelektrode senkrecht verlaufen, jedoch auch bis zu einem Winkel in der Größenordnung von 15° ausgewählt werden, während noch eine gute Wulstkonfiguration erzielt wird.

[0095] Die Signifikanz der Bestandteile des Drahtes mit Flussmittelkern, der als Folgeelektrodendraht wa2 Verwendung findet, wird nachfolgend erläutert. Der Bereich für jeden Bestandteil wird nachfolgend definiert, wobei die Gründe hierfür beschrieben werden.

TiO_2 : von 2,5 bis 7,0%

[0096] TiO_2 verhält sich als Schlackebildner und Lichtbogenstabilisator für den geschweißten Wulst. Wenn sein Anteil vom gesamten Drahtgewicht unter 2,5% liegt, kann ein vorderer Wulst einer guten Konfiguration nicht erhalten werden. Wenn andererseits der Anteil 7,5% übersteigt, nimmt die Sauerstoffmenge im Schweißmetall zu, so dass die Zahl von großen nichtmetallischen Einschlüssen zunimmt und eine Kornverfeinerung der Mikrostrukturen verhindert wird, so dass die Zähigkeit verschlechtert wird. Aus diesem Grund wird der Anteil von TiO_2 von 2,5 bis 7,0% gewählt.

ZrO_2 : von 0,4 bis 1,0%

[0097] ZrO_2 verbessert die Schlackeneinfrierrate und die Schlackenbedeckung des Schweißmetalles zur Verbesserung des Wulstaussehens. Ähnlich wie bei TiO_2 weist es einen reduzierten Dampfdruck bei hoher Temperatur auf und ist wirksam, um eine feine Körnung von geschmolzenen Partikeln zu erhalten und auf diese Weise Spritzer zu verringern. Unter 0,4% wird jedoch ein derartiger Effekt nicht erzielt, und das Aussehen des vorderen Wulstes verschlechtert sich und die Menge der erzeugten Spritzer steigt an. Über 1,0% bewirkt die hohe Einfriertemperatur, dass die Wahrscheinlichkeit von Defekten, wie Schlackeneinschlüssen, zunimmt. Aus diesem Grund wird der Bereich von 0,4 bis 1,0% gewählt.

Al_2O_3 : von 0,1 bis 1,0%

[0098] Wie ZrO_2 verbessert Al_2O_3 die Schlackeneinfrierrate und die Schlackenabdeckung des Schweißmetalles, so dass das Wulstaussehen verbessert wird. Derartige Effekte können jedoch mit einem Anteil unter 0,1% nicht erhalten werden. Wenn andererseits 1,0% überschritten wird, treten Defekte, wie Schlackeneinschlüsse, auf und wird das Schlackenabtrennvermögen verschlechtert. Aus diesem Grund wird der Bereich auf 0,1 bis 1,0% definiert.

Si: von 0,2 bis 1,2%

[0099] Si wirkt als Reduktionsmittel und reduziert die Sauerstoffmenge im Schweißmetall. Unter 0,2% findet jedoch keine Sauerstoffverringerung statt, so dass Blaslöcher auftreten können. Über 1,2% wird ein Festlösungshärten von Ferrit verursacht und die Zähigkeit verringert. Daher wird der Bereich mit 0,2 bis 1,2% definiert.

Mn: von 1,0 bis 4,0%

[0100] Mn trägt zur Sauerstoffentfernung bei und verbessert das Fließvermögen der geschmolzenen Metalle. Des Weiteren verbessert es die Wulstkonfiguration und die Festigkeit und Zähigkeit. Unter 1,0% findet jedoch keine Sauerstoffentfernung statt, wodurch Schweißdefekte auftreten können. Über 4,0% findet eine übermäßig starke Sauerstoffentfernung im Schweißmetall statt, wodurch Risse und Blaslöcher auftreten können. Daher wird der Bereich auf 1,0 bis 4,0% definiert.

Mg: von 0,1 bis 1,0%

[0101] Mg reagiert mit Sauerstoff im Lichtbogen bei hohen Temperaturen, wodurch die Desoxidationsreaktion im Stadium der geschmolzenen Partikel an den distalen Ende der Drähte auftritt. Somit verhindert Mg, dass Desoxidationsprodukte im geschmolzenen Pool verbleiben, und trägt ferner zur Desoxidationsreaktion von Si und Mn bei, die mit dem Schmelzpool reagieren, um die Menge des Sauerstoffes im Schweißmetall zu verringern und auf diese Weise die Zähigkeit zu verbessern. Unter 0,1% ist ein derartiger Effekt jedoch nicht vorhanden, und über 1,0% wird die Lichtbogenlänge übermäßig groß, so dass die Wulstkonfiguration verschlechtert wird. Daher wird der Bereich auf 0,1 bis 1,0% definiert.

Na, K: von 0,003 bis 0,3% für beide Elemente zusammen

[0102] Na und K erhöhen die Lichtbogenstabilität und verhindern ein Eingraben in das Wirtmaterial. Ein solcher Effekt kann jedoch unter 0,03% nicht erzielt werden, während über 0,3% die Lichtbogenlänge übermäßig groß wird, so dass Spritzer und Rauch zunehmen.

[0103] Wenn Zähigkeit bei niedriger Temperatur gefordert wird, können Si, Ti und B in den nachfolgend wiedergegebenen Bereichen dem Draht mit Flussmittelkern zugesetzt werden.

Ni: von 0,3 bis 3,0%

[0104] Ni wird zugesetzt, um die Festigkeit und die Niedrigtemperaturzähigkeit zu verbessern, was jedoch unter 0,3% nicht auf zufriedenstellende Weise erzielt werden kann, während über 3,0% die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Heißrissen zunimmt. Der Bereich wird daher auf 0,3 bis 3,0% definiert.

Ti: von 0,02 bis 0,2%

[0105] Ti ist ein starkes Reduktionsmittel, das die Oxidation des Schweißmetalles verhindert, und das erzeugte Ti-Oxid erzeugt eine feine Körnung der Mikrostrukturen im Schweißmetall und verbessert somit die Zähigkeit. Unter 0,02% kann jedoch keine Verbesserung der Zähigkeit durch die Feinkörnung der Mikrostrukturen erreicht werden. Wenn 0,2% überschritten werden, werden Carbide in beträchtlicher Weise gebildet, so dass die Zähigkeit verringert wird. Der Bereich wird daher auf 0,02 bis 0,2% definiert.

B: von 0,002 bis 0,015%

[0106] B kann eine Feinkörnung der Mikrostrukturen im Schweißmetall bewirken und somit die Zähigkeit verbessern. Unter 0,002% kann jedoch ein derartiger Verbesserungseffekt der Zähigkeit nicht erzielt werden. Wenn 0,015% überschritten werden, wird die Rissfestigkeit abgebaut und werden Carbide gebildet, so dass die Zähigkeit in beträchtlicher Weise verschlechtert wird. Daher wird der Bereich auf 0,002 bis 0,015% definiert.

[0107] Um eine weitere Feinkörnung der Mikrostrukturen im Schweißmetall zur Verbesserung der Zähigkeit zu erreichen, können Al unter 0,30% und Zr unter 0,20% zugesetzt werden. Um die Festigkeit des Schweißmetalles einzustellen, ist eine Zugabe von Cr unter 2,5% und Mo unter 2% möglich.

[0108] Um eine Dispergierung der Stahlpartikel oder des Eisenpulvers in der Nut zu ermöglichen, findet für

den Führungselektrodendraht wa1 ein Stahldraht Verwendung, der eine größere Penetrationstiefe als der mit Flussmittelkern versehene Draht besitzt. Da die Stromdichte pro Drahtquerschnitt erhöht wird und der Elektrodendraht Schwingungen ausgesetzt wird, tritt eine erhöhte Menge von Spritzern auf. Daher wird zumindest der Führungselektrodendraht wa1 mit der doppelten Abschirmung versehen, die einen vergrößerten Abschirmefekt besitzt, um die Menge der erzeugten Spritzer zu verringern.

[0109] Die Menge der bei der Führungselektrode, bei der das Auftreten von Spritzern besonders signifikant ist, erzeugten Spritzer wurde in Abhängigkeit von den in Tabelle 4 aufgeführten Schweißbedingungen ausgewertet.

Tabelle 4

Gegenstände	Detail
Zu verschweißende Gegenstände	Stahlart : 490N/mm² hochzugfester Stahl Schweißlänge: 1000mm, Beim Start: Neigung von 0° und Drehung von 5°, Am Ende: Neigung von 10° und Drehung von 10°
Draht	Stahldraht (1.6mmφ)
Stahlpartikel	(1.0mmφ × 1.0mm), Höhe der Dispersion: 8mm
Unterlage	Feste Keramikunterlage
Gas und Durchsatz	CO₂: 25 l/min. (für innen oder außen bei doppelter Abschirmung)
Schweißbedingungen	Stromstärke: 300A, 400A, 500A Spannung: 30V, 41V, 44V Geschwindigkeit: 30cm/min
Ausschlag und Schwingungsfrequenz	Ausschlag: 5mm Frequenz: 120 Zyklen/min
Plattendicke	16mm (Nutwinkel : 50° V, Fußspalt : 0~1mm, Höhe der Haftschweißung der Innenfläche: 5mm

[0110] Die Stromstärke wurde zwischen drei Niveaus von 300 A, 400 A und 500 A verändert, und die Menge der erzeugten Spritzer wurde untersucht, als ein herkömmliches Verfahren (einfache Abschirmung) und ein Verfahren mit doppelter Abschirmung durchgeführt wurden. Die Menge der beim herkömmlichen Verfahren erzeugten Spritzer steigt normalerweise an, wenn die Stromstärke erhöht wird, und liegt in der Größenordnung von 2,0–5,0 g/min. Ein Schweißergebnis, das zu einer Spritzermenge unter diesen Werten führte, wird als gut angesehen. **Fig. 15** zeigt die Menge der erzeugten Spritzer in Abhängigkeit vom Schweißstrom. Bei doppelter Abschirmung blieb die Menge der Spritzer auf oder unter 2,0 g/min unabhängig von einer Änderung des Schweißstromes im Gegensatz zum herkömmlichen Verfahren (einfache Abschirmung).

[0111] Nachfolgend werden Vergleiche zwischen Ausführungsformen und Steuerungen beschrieben.

Beispiel 1

[0112] Stahlmaterialien, die in Tabelle 5 aufgeführt sind, Stahldrähte für Führungselektroden (wa1), die in Tabelle 6 aufgeführt sind, und Drähte mit Flussmittelkern für Folgeeletektroden (wa2), die in Tabelle 7 angegeben sind, wurden kombiniert, um einen einseitigen Dualelektroden-Schutzgaslichtbogenschweißvorgang über eine Schweißlänge von 1.500 mm unter variierenden Bedingungen der Nutform, der Dispersion der Stahlpartikel oder des Eisenpulvers, der Krümmung und des Schweißverfahrens, wie in den Tabellen 8–13 angegeben, durchzuführen. Eine Schweißgeschwindigkeit in einem Bereich von 15 m/min bis 450 m/min wurde in Abhängigkeit von der Plattendicke ausgewählt. Die Haftschweißung über die Innenflächen der Nut wurde an sechs Stellen über eine Länge von 30 mm bei einem Abstand von 300 mm unter Verwendung einer abgedeckten Elektrode ausgeführt.

[0113] Nach dem Schweißvorgang wurden das Aussehen des vorderen und hinteren Wulstes, die Anwesenheit oder das Fehlen von Rissen und Stoßfestigkeitswerte untersucht. Die Stoßfestigkeitswerte wurden bei 0° ermittelt, indem ein Teststück nach JIS Z 2202 4 von einer Probe nach dem Schweißvorgang von einem Mittelbereich über die Plattendicke genommen wurde. Das Fehlen oder das Vorhandensein von Rissen wurde im Penetrationstest und über einen makroskopischen Bereich festgestellt. Die Ergebnisse sind ebenfalls in kombinierter Form in den Tabellen 8–13 aufgeführt. Bei den Tabellen 8–13 handelt es sich um sechs Unterteilungen einer größeren Tabelle, die wie folgt aufgeregert sind:

Tabelle 8

Tabelle 10

Tabelle 12

Tabelle 9

Tabelle 11

Tabelle 13

wobei benachbarte Tabellen Seite an Seite oder eine über der anderen durch das Anschließen von entsprechenden Nummern, die in den Tabellen angegeben sind, angeordnet werden können.

Tabelle 5

Stahlart	Plattendicke (mm)	Chemische Zusammensetzung				
		C	Si	Mn	P	S
SM490B	12	0.13	0.30	1.31	0.012	0.008
	16	0.14	0.29	1.32	0.011	0.007
	20	0.15	0.30	1.30	0.011	0.008
	25	0.14	0.31	1.31	0.012	0.008

Tabelle 6

Nr.	Chemische Zusammensetzung des Drahtes (Gew.%)							
	C	Si	Mr	P	S	Mo	Ti	B
Wa1	0.06	0.70	1.90	0.005	0.003	0.20	0.15	0.0060
Wa2	0.07	0.80	1.50	0.012	0.008	—	0.15	—

Tabelle 7

Nr.	Füllmaterial-Flussmittelzusammensetzung (Gew.%)										
	Deoxidator/ Legierungsmittel					Schlackenbildner			Lichtbogen- stabilisator		Son- stige
	Si	Mn	Mg	Cr	Mo	TiO ₂	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	Na	K	
F1	0.6	2.3	0.3	—	—	5.5	0.9	0.3	0.05	0.06	5.3
F2	0.4	3.5	0.2	—	—	6.8	0.6	0.3	0.04	0.07	5.2
F3	0.7	2.0	0.5	—	—	5.6	0.5	0.2	0.17	0.10	5.5
F4	1.1	1.2	0.9	0.5	0.5	3.1	0.5	0.9	0.03	0.02	5.7
F5	0.1	0.6	0.3	—	—	5.0	0.6	0.3	0.04	0.06	8.0
F6	1.3	1.8	1.5	—	0.5	5.2	0.5	0.3	0.05	0.06	3.8
F7	0.5	4.5	0.6	—	—	6.0	0.4	0.3	0.18	0.20	2.3
F8	0.5	2.0	0.05	—	—	6.3	0.4	0.3	0.01	0.01	5.4
F9	0.6	2.5	0.5	—	0.5	2.0	0.5	0.3	0.05	0.06	8.0
F10	0.7	2.3	0.4	—	0.5	9.2	0.6	0.3	0.04	0.07	0.9
F11	0.5	2.5	0.4	—	0.2	5.2	0.3	0.3	0.05	0.06	5.5
F12	0.6	2.5	0.5	—	0.5	5.5	1.3	0.3	0.04	0.06	3.7
F13	0.6	2.5	0.5	—	0.5	5.1	0.4	0.05	0.05	0.06	5.2
F14	0.7	2.3	0.4	—	0.5	6.0	0.5	1.45	0.04	0.06	3.1

[0114] Bemerkung: "Sonstige" sind andere Schlackenbildner als TiO₂, ZrO₂ und Al₂O₃ und Eisenpulver

Tabelle 8-1

Gegenstände Nr.	Nutkonfiguration					Stahlpartikel oder Eisenpulver (I)		
	Platten- dicke (mm)	Form	Winkel (°)	Fußfläche (mm)	Spalt (mm)	Art	Größe	Dispersions- höhe (mm)
Beispiele der Erfindung	1	12	V	65	—	1	S	1mmφ × 1mm
	2	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm
	3	20	V	60	—	1	S	1mmφ × 1mm
	4	25	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm
	5	16	V	40	—	1	I	<500μm
	6	25	Y	35	2	0	I	<500μm
	7	25	Y	50	2	1	S	1mmφ × 1mm
	8	20	V	30	—	1	S	1mmφ × 1mm

Tabelle 8-2

Gegen- stände Nr.	Nutkonfiguration					Stahlpartikel oder Eisenpulver (I)		
	Platten- dicke (mm)	Form	Winkel (°)	Fußfläche (mm)	Spalt (mm)	Art	Größe	Dispersions- höhe (mm)
9	12	V	25	—	0	S	1mmφ × 1mm	5
10	16	V	70	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
11	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	3
Kontroll- beispiele	12	V	50	—	1	S	1mmφ × 1mm	9
	13	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	14	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	15	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8

Tabelle 9-1

Gegen- stände	Nr.	Nutkonfiguration					Stahlpartikel oder Eisenpulver (I)		
		Platten- dicke (mm)	Form	Winkel (°)	Fußfläche (mm)	Spalt (mm)	Art	Größe	Dispersions- höhe (mm)
Kontroll- beispiele	17	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	18	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	19	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	20	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	21	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	22	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	23	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	24	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8

Tabelle 9-2

Gegen- stände	Nr.	Nutkonfiguration					Stahlpartikel oder Eisenpulver (I)		
		Platten- dicke (mm)	Form	Winkel (°)	Fußfläche (mm)	Spalt (mm)	Art	Größe	Dispersions- höhe (mm)
Kontroll- beispiele	25	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	26	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	27	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	28	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8

Tabelle 10-1

Gegen- stände Nr.	Neigungswinkel (in Grad) der Krümmung (°)				Elektrode	Interelektroden- abstand (mm)	Art	Draht (mm)
	Beim Start	Am Ende	Neigung	Drehung				
Beispiele der Erfindung	1	0	5	10	5	L	300	W1 1.4
	2	0	5	10	10	L	300	F1 1.2
	3	5	5	10	5	L	200	W1 1.6
	4	0	5	10	10	L	100	F2 1.6
	5	0	5	10	5	L	600	W2 1.6
	6	0	5	10	10	L	300	F2 1.6
	7	0	5	10	10	L	300	W1 1.6
	8	5	5	10	10	L	300	F3 1.6
						T		W1 1.6
						T		F2 1.6

Tabelle 10-2

Gegen- stände	Neigungswinkel (in Grad)				Elektrode	Interelektroden- abstand (mm)	Art	Draht Größe (mm)				
	Neigung der Krümmung		Am Ende									
	Beim Start	Drehung	Neigung	Drehung								
9	0	5	10	10	L	300	W1	1.4				
10	0	5	10	10	T	300	F5	1.6				
11	0	5	10	10	L	300	W1	1.6				
12	0	5	10	10	T	300	F6	1.6				
Kontroll- beispiele					L	300	W2	1.6				
13	0	5	10	10	T	300	F2	1.6				
14	0	5	10	10	L	300	W1	1.6				
15	0	5	10	10	T	300	F8	1.6				
16	5	5	10	5	L	300	W1	1.6				
					T		F1	1.6				

Tabelle 11

Gegen- ständen	Neigungswinkel (in Grad) der Krümmung				Elektrode	Interelektroden- abstand (mm)	Art	Draht Größe (mm)
	Nr.	Beim Start Neigung	Drehung	Am Ende Neigung				
	17	0	5	10	L	300	W2	1.6
	18	0	5	10	T	300	F3	1.6
	19	0	5	10	L	300	F1	1.6
	20	0	5	10	L	300	F2	1.6
	21	5	5	10	L	70	W1	1.6
Kontroll- beispiele	22	0	5	10	T	300	F1	1.6
	23	5	5	10	L	300	W1	1.6
	24	0	5	10	L	300	F9	1.6
	25	0	5	10	T	300	F10	1.6
	26	0	5	10	L	300	W1	1.6
	27	0	5	10	L	300	F11	1.6
	28	0	5	10	T	300	W1	1.6
					T		F12	1.6
					L		W1	1.6
					T		F13	1.6
					L		W1	1.6
					T		F14	1.6
					L		W1	1.6
					T		F1	1.6

Tabelle 12-1

Gegen- stände Nr.	Schweißbedingungen			Schweißergebnisse			Gesamt- auswertung
	Strom- dichte (A/mm ²)	Elektrodenschwingung Frequenz (Zyklen/min)	Ausschlag (mm)	Aussehen des vorderen Wulstes	Aussehen des hinteren Wulstes	Risse	
Beispiele der Erfindung	1 230	70	5	gut	gut	keine	62 0
	1 180	100	7				
	2 270	140	6	gut	gut	keine	65 0
	1 160	70	8				
	3 280	50	8	gut	gut	keine	60 0
	2 200	90	10	gut	gut	keine	60 0
	4 230	110	10	gut	gut	keine	70 0
	5 230	80	15	gut	gut	keine	58 0
	5 270	100	5	gut	gut	keine	
	6 160	70	7				
	6 290	90	5	gut	gut	keine	
	6 230	100	12	gut	gut	keine	72 0
	7 280	80	8	gut	gut	keine	82 0
	7 250	80	11				
	8 290	100	6	gut	gut	keine	74 0
	8 160	40	9				

Tabelle 12-2

Gegen- stände Nr.	Schweißbedingungen			Schweißergebnisse			Gesamt- auswertung
	Strom- dichte (A/mm ²)	Elektrodenschwingung Frequenz (Zyklen/min)	Ausschlag (mm)	Aussehen des Vorderen Wulstes	Aussehen des hinteren Wulstes	Risse	
9	230	70	5	Auftreten von Blaslöchern			-
	180	100	7	-			X
10	270	120	7	extensive Nut			24
	160	70	13	gut			X
11	280	80	5	keine			
	170	70	10	keine			
12	230	100	5	keine			
	160	70	7	keine			
13	280	90	5	keine			
Kontroll- beispiele	170	90	8	keine			
14	280	90	5	keine			
	170	90	8	keine			
15	180	90	5	keine			
	170	90	8	keine			
16	290	90	5	keine			
	160	90	8	keine			

Tabelle 13-1

Gegen- stände Nr.	Schweißbedingungen			Schweißergebnisse			Gesamt- auswertung
	Strom- dichte (A/mm ²)	Elektrodenschwingung Frequenz (Zyklen/min)	Ausschlag (mm)	Aussehen des vorderen Wulstes	Aussehen des hinteren Wulstes	Risse	
Kontroll- beispiele	17	280	35	5	gut	schlecht	vorhanden
	18	170	90	8	schlecht	gut	keine
	18	280	110	5	schlecht	gut	keine
	19	170	25	8	gut	schlecht	keine
	19	280	160	5	schlecht	gut	keine
	20	170	90	8	gut	schlecht	keine
	20	280	90	5	schlecht	gut	keine
	20	170	130	8	gut	schlecht	keine
	21	280	90	5	Lichtbogen unbeständig	Durchbrenner	vorhanden
	21	170	90	8	schlecht	gut	keine
	22	280	90	5	gut	gut	keine
	22	170	90	8	gut	gut	keine
	23	280	90	5	gut	gut	keine
	23	170	90	8	gut	gut	keine
	24	280	90	5	erhöhte Spritzenmenge	gut	keine
	24	170	90	8	gut	gut	keine
	25	280	110	5	Auftreten von Schlackenein- schließung	gut	keine
	25	170	90	8	gut	gut	keine
	26	280	100	5	gut	gut	keine
	26	170	90	8	gut	gut	keine

Tabelle 13-2

Gegen- stände	Nr.	Schweißbedingungen		Schweißergebnisse		Gesamt- auswertung
		Strom- dichte (A/mm ²)	Elektrodenschwingung Frequenz (Zyklen/min)	Ausschlag (mm)	Aussehen des vorderen Wulstes	
Kontroll- beispiele	27	280	90	5	Auftreten von Schlacken- einschließung	x
		170	90	8	gut	-
Kontroll- beispiele	28	280	90	5	keine	x
		170	90	8	erhöhte Spritzermenge	-

Bemerkungen:

Eine feste keramische Unterlage findet für Nr. 1-3 und Nr. 6-28 Verwendung.

Für Nr. 4 findet eine Kupferplatte unterlage in Kombination mit einem Glasband Verwendung.

Für Nr. 5 findet eine geflüxtete Kupferunterlage Verwendung.

Die Schweißbrenner werden in einer Richtung hin- und herbewegt, die rechtwinklig zur Schweißlinie und parallel zur Stahlplattenoberfläche verläuft. Gilt für Nr. 1-3.

Die Schweißbrenner werden in einer Richtung hin- und herbewegt, die rechtwinklig zur Schweißlinie und parallel zur Horizontalen verläuft. Gilt für Nr. 4-28.

Eine doppelte Abschirmung findet sowohl bei der Führungselektrode als auch bei der Folgeelektrode Verwendung. Gilt für Nr. 1-4 und Nr. 9-14. Bei Nr. 5-8 und Nr. 15-27 findet die doppelte Abschirmung nur bei der Führungselektrode Verwendung. Nur bei Nr. 28 findet die herkömmliche Abschirmung Verwendung.

[0115] Die Nr. 1-8 in den Tabellen 8 bis 13 zeigen Beispiele des Schweißverfahrens der Erfindung, während

die Nr. 9–28 Kontrollbeispiele zeigen. Bei den Beispielen der Erfindung Nr. 1–8 waren die Form der Nuten, die Höhe der Dispersion der Stahlpartikel oder des Eisenpulvers, die Schwingungsfrequenz, mit der die Elektroden beaufschlagt wurden, die Schweißstromdichte und die Drahtzusammensetzung für die Folgeelektrode wa2 in Ordnung. Da eine doppelte Abschirmung mindestens beim Führungselektrodendraht wa1 eingesetzt wurde, war das Aussehen des vorderen und hinteren Wulstes gut, ohne dass irgendwelche Defekte, wie Heißrisse, auftraten, und es wurden sehr gute Stoßfestigkeitswerte angezeigt.

[0116] Bei Nr. 9 der Kontrollbeispiele führte ein enger Nutwinkel zu einem ungleichmäßigen hinteren Wulst, und ein niedriger Anteil von Si und Mn im Folgeelektrodendraht wa2 (bei F5 in Tabelle 7 gezeigt) führte zum Auftreten von Blaslöchern.

[0117] Bei Nr. 10 war eine extensive Nut vorhanden, und der durch den Schweißvorgang erzielte Füllgrad war reduziert. Der hintere Wulst war übermäßig groß. Da der Folgeelektrodendraht wa2 (F6) einen hohen Anteil von Si besaß, war die Zähigkeit verringert. Da ein hoher Anteil von Mg vorhanden war, war das Aussehen des vorderen Wulstes unregelmäßig. Bei Nr. 11 war die Dispersion der Stahlpartikel reduziert, was zu einem Durchbrennen durch das Schweißmetall führte. Bei Nr. 12 war die Dispersion der Stahlpartikel hoch, so dass kein hinterer Wulst erzeugt wurde. Bei Nr. 13 besaß der Folgeelektrodendraht wa2 (F7) einen hohen Anteil von Mn, wodurch Blaslöcher verursacht wurden. Da die kombinierte Menge aus Mn und K erhöht war, stieg die Menge der erzeugten Spritzer an.

[0118] Da bei Nr. 14 der Folgeelektrodendraht wa2 (F8) einen reduzierten Anteil von Mg besaß, war die Zähigkeit geringer. Da die kombinierte Menge aus Mn und K reduziert war, resultierte eine Unbeständigkeit des Lichtbogens.

[0119] Bei Nr. 15 war die Schweißstromdichte für den Führungselektrodendraht wa1 niedrig genug, um die Bildung des hinteren Wulstes zu verhindern.

[0120] Bei Nr. 16 war die Schweißstromdichte für den Folgeelektrodendraht wa2 niedrig genug, um ein schlechtes Aussehen des vorderen Wulstes zu verursachen.

[0121] Bei Nr. 17 war die Schwingungsfrequenz, mit der der Führungselektrodendraht wa1 beaufschlagt wurde, gering, wodurch ein unregelmäßiger hinterer Wulst erzeugt wurde.

[0122] Bei Nr. 18 war die Schwingungsfrequenz, mit der der Folgeelektrodendraht wa2 beaufschlagt wurde, gering, was zu einem schlechten Aussehen des vorderen Wulstes führte.

[0123] Bei Nr. 19 war die Schwingungsfrequenz, mit der der Führungselektrodendraht wa1 beaufschlagt wurde, hoch, was zu einer Unbeständigkeit des Lichtbogens und zu einem unregelmäßigen hinteren Wulst führte.

[0124] Bei Nr. 20 war die Schwingungsfrequenz, mit der der Folgeelektrodendraht wa2 beaufschlagt wurde, hoch, was zu einer Unbeständigkeit des Lichtbogens und zu einem schlechten Aussehen des vorderen Wulstes führte.

[0125] Bei Nr. 21 war der Interelektrodenabstand Dw zwischen dem Führungselektrodendraht wa1 und dem Folgeelektrodendraht wa2 gering, was zu einem unbeständigen Lichtbogen führte und ein Durchbrennen des Schweißmetalles bewirkte.

[0126] Bei Nr. 22 war der Anteil von TiO_2 im Folgeelektrodendraht wa2 (F9) gering, was zu einem schlechten Aussehen des vorderen Wulstes führte.

[0127] Bei Nr. 23 hatte der Folgeelektrodendraht wa2 (F10) einen hohen Anteil von TiO_2 , wodurch die Zähigkeit reduziert wurde.

[0128] Bei Nr. 24 besaß der Folgeelektrodendraht wa2 (F11) einen geringen Anteil von ZrO_2 , wodurch die Schlackenbedeckung des Schweißmetalles verschlechtert wurde, was zu einem schlechten Aussehen des Wulstes und zu einer erhöhten Menge von Spritzern führte.

[0129] Bei Nr. 25 besaß der Folgeelektrodendraht wa2 (F12) einen hohen Anteil von ZrO_2 , was zu Schlackeneinschlüssen führte.

[0130] Bei Nr. 26 hatte der Folgeeletrodendraht wa2 (F13) einen geringen Anteil von Al_2O_3 , wodurch die Schlackenbedeckung des Schweißmetalles verringert wurde, was zu einem schlechten Aussehen des vorderen Wulstes führte.

[0131] Bei Nr. 27 besaß der Folgeeletrodendraht wa2 (F14) einen hohen Anteil von Al_2O_3 , was zu Schlackeneinschlüssen und zu einer Herabsetzung des Schlackentrennvermögens führte.

[0132] Bei Nr. 28 bewirkte das Fehlen einer doppelten Abschirmung die Erzeugung einer erhöhten Spritzermenge.

Beispiel 2

[0133] Das in Tabelle 14 angegebene Niedrigtemperaturstahlmaterial, die in Tabelle 6 angegebenen Stahldrähte und die in Tabelle 15 angegebenen Drähte mit Flussmittelkern wurden kombiniert, um den einseitigen Dualeletroden-Schutzgaslichtbogenschweißvorgang in der gleichen Weise wie in Beispiel 1 durchzuführen. Bei jedem Test wurde sowohl für den Führungseletrodendraht wa1 als auch für den Folgeeletrodendraht wa2 eine doppelte Abschirmung verwendet. Die Zähigkeit wurde durch den bei -20°C ermittelten Stoßfestigkeitswert ausgewertet. Die Ergebnisse sind zusammen in den Tabellen 16, 27, 18 aufgeführt, wobei drei Segmente einer einzigen größeren Tabelle in der folgenden Weise angeordnet wurden:

Tabelle 16

Tabelle 17

Tabelle 18

wobei sich anschließend Tabellen Seite an Seite mit ausgerichteten Nummern angeordnet werden können.

Tabelle 14

Stahlart	Plattendicke (mm)	Chemische Zusammensetzung (%)					
		C	Si	Mn	P	S	V
Niedrigtemperaturstahl KE32	16	0.15	0.35	1.35	0.011	0.010	0.05

Tabelle 15

Nr.	Füllmaterial-Flussmittelzusammensetzung (Gew.-%)										Schlackenbildner				Lichtbogen- stabilisator Son- stige		
	Deoxidator/ Legierungsmittel																
Si	Mn	Mg	Ni	Cr	Mo	Al	Ti	Zr	B	TiO ₂	ZrO ₂	Al ₂ O ₃	Na	K			
F15	0.6	2.2	0.3	2.5	—	—	0.20	0.15	—	0.003	5.6	0.5	0.3	0.05	0.06	5.2	
F16	0.5	2.1	0.6	0.5	—	—	—	0.03	—	0.012	5.7	0.6	0.3	0.04	0.07	4.6	
F17	0.6	2.0	0.5	1.5	—	—	—	0.05	—	0.010	5.6	0.5	0.2	0.07	0.06	3.9	
F18	0.7	2.3	0.4	0.3	0.5	0.5	—	—	0.08	0.05	0.008	4.3	0.5	0.4	0.05	0.06	5.2
F19	0.6	2.5	0.5	0.2	—	0.5	0.15	0.05	—	0.010	5.2	0.4	0.3	0.05	0.06	4.6	
F20	0.7	2.3	0.4	3.5	—	0.5	—	0.05	—	0.010	5.5	0.5	0.3	0.04	0.06	1.1	
F21	0.5	2.5	0.4	0.4	—	0.2	—	—	0.01	—	0.010	5.5	0.5	0.3	0.05	0.06	5.0
F22	0.6	2.5	0.5	0.5	—	0.5	—	0.25	—	0.010	5.1	0.5	0.3	0.05	0.06	4.1	
F23	0.5	2.5	0.4	2.0	—	0.5	—	0.18	—	0.001	5.1	0.5	0.3	0.04	0.06	5.1	
F24	0.6	2.5	0.5	0.5	—	0.2	—	0.12	—	0.020	6.0	0.6	0.3	0.05	0.06	3.7	

Bemerkung: "Sonstige" bezeichnet andere Schlackenbildner als TiO₂, ZrO₂ und Al₂O₃ und Eisenpulver

Tabelle 16-1

Gegen- stände Nr.	Nutzkonfiguration					Stahlpartikel oder Eisenpulver (I)		
	Platten- dicke (mm)	Form	Winkel (°)	Fußfläche (mm)	Spalt (mm)	Art	Größe	Dispersions- höhe (mm)
29	16	V	50	—	1	S	1mmφ × 1mm	6
30	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
31	16	V	60	—	1	S	1mmφ × 1mm	9
32	16	Y	50	2	0	S	1mmφ × 1mm	7
33	16	V	40	—	1	I	<500µm	7

Tabelle 16-2

Nutkonfiguration							Stahlpartikel oder Eisenpulver (I)		
Gegen- stände	Nr.	Platten- dicke	Form	Winkel (°)	Flußfläche (mm)	Spalt (mm)	Art	Größe	Dispersions- höhe (mm)
		(mm)							
	34	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	35	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	36	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
Kontroll- beispiele	37	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	38	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8
	39	16	V	50	—	0	S	1mmφ × 1mm	8

Tabelle 17

Gegen- stände Nr.	Neigungswinkel (in Grad) der Krümmung (°)				Elektrode	Interelektroden- abstand (mm)	Art	Draht (Größe) (mm)
	Bei m Start	Am Ende	Neigung	Drehung				
29	0	5	10	5	U	300	W1	1.4
30	0	5	10	10	U	300	W1	1.6
31	5	5	10	5	U	200	F16	1.6
32	0	5	10	10	U	150	W1	1.6
33	0	5	10	5	U	500	F17	1.6
34	0	5	10	10	U	300	F18	2.0
35	0	5	10	10	U	300	W2	1.6
36	0	5	10	10	U	300	F17	1.6
37	0	5	10	10	U	300	W1	1.6
38	0	5	10	10	U	300	F19	1.6
39	0	5	10	10	U	300	F20	1.6
					T		W1	1.6
					T		F21	1.6
					T		F22	1.6
					T		W1	1.6
					T		F23	1.6
					T		W2	1.6
					T		F24	1.6

Tabelle 18-1

Gegen- stände Nr.	Schweißbedingungen			Schweißergebnisse			Gesamt- auswertung
	Strom- dichte (A/mm ²)	Elektrodenschwingung Frequenz (Zyklen/min)	Ausschlag (mm)	Aussehen des vorderen Wulstes	Aussehen des hinteren Wulstes	Risse	
Beispiele der Erfindung	29	230	70	5	7	gut	keine
	180	100	100	7	gut	gut	58
	30	270	140	6	gut	gut	65
	160	70	70	8	gut	keine	0
	31	280	50	6	gut	gut	85
	200	90	90	8	gut	keine	0
	32	230	110	6	gut	gut	70
	230	80	80	9	gut	keine	0
	33	270	100	5	gut	gut	82
	160	70	70	8	gut	keine	0

Tabelle 18-2

Gegen- stände Nr.	Schweißbedingungen			Schweißergebnisse			Gesamt- auswertung
	Strom- dichte (A/mm ²)	Elektroden- schwingung Frequenz (Zyklen/min)	Ausschlag (mm)	Aussehen des vorderen Wulstes	Aussehen des hinternen Wulstes	Risse	
34	280	90	5	gut	gut	keine	30
	170	90	8				x
35	280	90	5				x
	170	90	8	gut	gut	keine	30
Kontroll- beispiele	36	280	110	5	gut	gut	vorhanden
		170	80	8	gut	gut	-
	37	280	120	5	gut	gut	vorhanden
		170	80	8	gut	gut	25
	38	280	90	5	gut	gut	x
		170	90	8	gut	gut	x
	39	280	90	5	gut	gut	22
		170	90	8	gut	gut	x
							24
							-

Bemerkungen:

Feste Keramikunterlage findet Verwendung für Nr. 29-31 und Nr. 34-39. Geflutierte Kupferplattenunterlage in Kombination mit Glasband findet Verwendung für Nr. 32.

Geflutierte Kupferunterlage findet Verwendung für Nr. 33. Die Schweißbrenner wurden in einer Richtung hin- und herbewegt, die rechtwinklig zur Schweißlinie und parallel zur Stahlplattenoberfläche verläuft (für Nr. 29-30), und in einer Richtung hin- und herbewegt, die rechtwinklig zur Schweißlinie und parallel zur Horizontalebene verläuft (für Nr. 31-39).

[0134] Die Nr. 29-33 kennzeichnen die Ausführungsform des Schweißverfahrens gemäß der Erfindung, während die Nr. 34-39 Kontrollbeispiele wiedergeben. Bei Nr. 29-33, die die Erfindung kennzeichnen, waren die

Formen der Nut, die Dispersionshöhe der Stahlpartikel oder des Eisenpulvers, die Schwingungsfrequenz der Elektroden, die Schweißstromdichte und die Bestandteile der Füllschlacken der Folgeelektrode wa2 (F15–F18 in Tabelle 15) alle korrekt. Da eine doppelte Abschirmung sowohl für den Führungselektrodendraht wa1 als auch für den Folgeelektrodendraht wa2 verwendet wurde, besaßen sowohl der vordere Wulst als auch der hintere Wulst ein gutes Aussehen, wobei keine Defekte, wie Heißrisse, auftraten. Die Zähigkeit war sehr gut.

[0135] Bei den Kontrollbeispielen hatte Nr. 34 einen niedrigen Anteil von Ni im Folgeelektrodendraht wa2 (F19), was zu einer verringerten Zähigkeit führte.

[0136] Bei Nr. 35 besaß der Folgeelektrodendraht wa2 einen hohen Anteil an Ni, was zu einem Heißriss führte.

[0137] Bei Nr. 36 hatte der Folgeelektrodendraht wa2 (F21) einen niedrigen Anteil von Ti, wodurch die Zähigkeit verringert wurde.

[0138] Bei Nr. 37 besaß der Folgeelektrodendraht wa2 (F22) einen hohen Anteil an Ti, wodurch wiederum die Zähigkeit verringert wurde.

[0139] Bei Nr. 38 hatte der Folgeelektrodendraht wa2 (F23) einen geringen Anteil von B, wodurch die Zähigkeit verringert wurde.

[0140] Bei Nr. 39 besaß der Folgeelektrodendraht wa2 (F24) einen hohen Anteil von B, wodurch wiederum die Zähigkeit verringert wurde.

[0141] Wie vorstehend erläutert, ermöglicht die Erfindung ein einseitiges Schweißen von gekrümmten Teilen mit kurzer bis erhöhter Länge, wobei bei einer guten Schweißfähigkeit ein gutes Schweißergebnis mit hoher Zähigkeit, einer guten Rissfestigkeit und einem guten Aussehen sowohl für den vorderen als auch für den hinteren Schweißwulst erreicht werden kann. Ferner kann der Querschnittsbereich der Nut reduziert werden. Da der Schweißvorgang in einem einzigen Durchlauf stattfindet, der keine komplizierte Vorgehensweise benötigt, kann die Effizienz des Plattenverbindungsorganges in einfacher und signifikanter Weise verbessert werden.

[0142] Obwohl eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung vorstehend beschrieben und gezeigt wurde, ist eine Reihe von Änderungen und Modifikationen möglich. Die Erfindung ist daher nicht auf die hier offenbare spezielle Konstruktion oder Anordnung beschränkt, sondern umfasst auch sämtliche Änderungen und Modifikationen, die im Umfang der Erfindung liegen, der durch die nachfolgenden Patentansprüche wiedergegeben wird.

[0143] Es wird ein Nutwinkel von 30° bis 65° ausgewählt. Eine Unterlage wird auf die Rückseite der Nut aufgebracht, und die Nut wird mit Stahlpartikeln oder Eisenpulver bis auf eine Höhe von einem Viertel bis zwei Dritteln der Plattendicke gefüllt. Ein Führungsschweißelektrodendraht wird mit einer Frequenz von 40 bis 150 Zyklen pro Minute hin- und herbewegt, während ein Folgeschweißelektrodendraht mit einer Frequenz von 30 bis 120 Zyklen pro Minute hin- und herbewegt wird. Die Schweißstromdichte entspricht 200 A/mm^2 bei der Führungselektrode oder ist größer als dieser Wert und entspricht 150 A/mm^2 für die Folgeelektrode oder ist größer als dieser Wert. Der Interelektrodenabstand zwischen der Führungselektrode und der Folgeelektrode wird für den Schweißvorgang von 100 bis 600 mm ausgewählt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen einer Nut (b), die zwischen miteinander zu verschweißenden gekrümmten Elementen (W1, W2), insbesondere gekrümmten Stahlplatten, welche so angeordnet sind, daß ihre gegenüberliegenden Ränder gegeneinanderstoßen, ausgebildet ist, mit einem X-Bewegungsschlitten (Y1, Yz, RY, Y2), der sich in einer horizontalen Richtung X bewegt und mit einem X-Bewegungsmotor (M1) versehen ist, der in Abhängigkeit von einem X-Aktivierungsbefehl angetrieben wird; einem Y-Bewegungsschlitten (4) zum Bewegen in einer horizontalen Richtung Y, die senkrecht zur Richtung X relativ zum X-Bewegungsschlitten verläuft, wobei der Y-Bewegungsschlitten vom X-Bewegungsschlitten (Y1, Yz, RY, Y2) getragen wird und mit einem Y-Bewegungsmotor (M2) versehen ist, der in Abhängigkeit von einem Y-Aktivierungsbefehl angetrieben wird; einer Basis (2), die auf dem Y-Bewegungsschlitten so gelagert ist, daß sie in Vertikalrichtung Z anhebbar und um die Vertikalachse Z (0) drehbar ist; einem Z-Hubmechanismus (12), der einen Hubmotor (M4) aufweist, welcher in Abhängigkeit von einem Z-Ak-

tivierungsbefehl zum Antreiben der Basis (2) für eine Hubbewegung in der Vertikalrichtung Z angetrieben wird; einem θ -Drehmechanismus (10) mit einem ersten Drehmotor (M3), der in Abhängigkeit von einem θ -Aktivierungsbefehl angetrieben wird, um die Basis (2) drehbar um die Vertikalachse Z (0) anzutreiben; Detektionseinrichtungen (P2, P3), die von der Basis (2) gelagert werden, um eine Z-Position sowie eine Horizontalposition der Nut (b) relativ zur Basis zu detektieren; und einem Schweißbrenner (30L, 30T), zum Schweißen der Nut (b), der von der Basis gelagert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß

die Detektionseinrichtungen eine erste Detektionseinrichtung (P3), die auf einer Verlängerung der Achse (0) angeordnet ist, welche den Drehpunkt der Basis (2) bildet, und eine zweite Detektionseinrichtung (P2), die in einem vorgegebenen Abstand von der den Drehpunkt der Basis (2) bildenden Achse (0) angeordnet ist, aufweisen; und

die Vorrichtung desweiteren Steuereinrichtungen (8) zum Berechnen eines Biegeinkels θ' der Nut (b) zwischen den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2), gemessen in einer Richtung quer zu der Richtung, in der sich die Nut erstreckt, und eines Neigungswinkels α der Richtung, in der sich die Nut relativ zur Horizontalebene erstreckt, aus Detektionswerten, die von der ersten und zweiten Detektionseinrichtung (P2, P3) detektiert wurden, umfaßt, wobei die Steuereinrichtungen (8) bewirken, daß der θ -Drehmechanismus (10) die Basis (2) zur Durchführung einer Drehbewegung in Abhängigkeit vom Biegeinkel θ' antreibt und der Z-Hubmechanismus (12) die Basis (2) zur Durchführung einer Hubbewegung in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α antreibt.

2. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 1, die desweiteren umfaßt:

einen Schweißbrennerlagerrahmen (3) zum Lagern eines Schweißbrenners (30L, 30T), der von der Basis (2) so getragen wird, daß er um die Horizontalachse (X) drehbar ist; und einen γ -Drehmechanismus einschließlich eines zweiten Drehmotors (M7), der in Abhängigkeit von einem γ -Aktivierungsbefehl angetrieben wird, um den Schweißbrennerlagerrahmen (3) zum Drehen um die Horizontalachse (31a) anzutreiben.

3. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 2, die desweiteren Steuereinrichtungen zum Berechnen eines Biegeinkels θ' der zwischen den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) gebildeten Nut (b), gemessen in einer Richtung quer zu der Richtung, in der sich die Nut erstreckt, und eines Neigungswinkels α , den die Richtung, in der sich die Nut erstreckt, relativ zur Horizontalebene bildet, aus Detektionswerten von der ersten und zweiten Detektionseinrichtung (P3, P2) umfaßt, wobei die Steuereinrichtungen (8) bewirken, daß der θ -Drehmechanismus (10) die Basis (2) zur Durchführung einer Drehbewegung in Abhängigkeit vom Biegeinkel θ' antreibt und der Z-Hubmechanismus (12) die Basis zur Durchführung einer Hubbewegung in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α antreibt.

4. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen nach Anspruch 2, bei dem der Schweißbrennerlagerrahmen (3) den Schweißbrenner (30L, 30T) so lagert, daß dieser in Richtung auf ein zu schweißendes Element und von diesem weg bewegbar ist, wobei die Vorrichtung desweiteren umfaßt:

einen Auf/Ab-Mechanismus für den Schweißbrenner einschließlich eines Auf/Ab-Motors (M8, M10) für den Schweißbrenner, der in Abhängigkeit von einem Zu/Weg-Aktivierungsbefehl angetrieben wird, um den Schweißbrenner (30L, 30T) für eine Bewegung in Richtung auf das zu schweißende Element (W1, W2) oder von diesem weg anzutreiben.

5. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen nach Anspruch 4, die desweiteren Steuereinrichtungen (8) zum Berechnen eines Biegeinkels θ' der zwischen den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) gebildeten Nut (b), gemessen in einer Richtung quer zu der Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, und eines Neigungswinkels α , den die Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, mit der Horizontalebene bildet, aus Detektionswerten von der ersten und zweiten Detektionseinrichtung (P3, P2), umfaßt, wobei die Steuereinrichtungen (8) bewirken, daß der θ -Drehmechanismus (10) die Basis (2) zur Durchführung einer Drehbewegung in Abhängigkeit vom Biegeinkel θ' antreibt und der Z-Hubmechanismus (12) die Basis (2) zur Durchführung einer Hubbewegung in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α antreibt sowie der Auf/Ab-Mechanismus für den Schweißbrenner den Schweißbrenner (30L, 30T) antreibt, um sich in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α in Richtung auf das zu schweißende Element oder von diesem weg zu bewegen.

6. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 2, bei der der Schweißbrennerlagerrahmen (3) den Schweißbrenner (30L, 30T) so lagert, daß dieser in bezug auf die zu verschweißenden Elemente (W1, W2) in einer Richtung hin- und herbewegbar ist, die senkrecht zu einer in Längsrichtung verlaufenden Linie verläuft, welche die erste und zweite Detektionseinrichtung (P3, P2) miteinander

verbindet, und bei der die Vorrichtung desweiteren umfaßt:

eine dritte Detektionseinrichtung (P5) und eine vierte Detektionseinrichtung (P4), die von der Basis (2) gelagert werden und in einer Richtung senkrecht zur in Längsrichtung verlaufenden Linie voneinander beabstandet sind, wobei jede eine Z-Position der Fläche eines ersten und zweiten miteinander zu verschweißenden Elementes (W1, W2), zwischen denen die Nut (b) ausgebildet ist, detektiert; und einen Schwingungsmechanismus einschließlich eines Schwingungsmotors (M9, M11), der in Abhängigkeit von einem Schwingungsaktivierungsbefehl angetrieben wird, um den Schweißbrenner (30L, 30T) zur Durchführung einer hin- und hergehenden Bewegung anzutreiben.

7. Vorrichtung zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 6, die desweiteren Steuereinrichtungen (8) zum Berechnen eines Biegewinkels θ' der zwischen den miteinander zu verschweißenden Elementen (W1, W2) gebildeten Nut (b), gemessen in einer Richtung quer zu der Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, und eines Neigungswinkels α , den die Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, relativ zur Horizontalebene bildet, aus Detektionswerten der ersten und zweiten Detektionseinrichtung (P3, P2) umfaßt, wobei die Steuereinrichtungen (8) bewirken, daß der θ -Dreh-mechanismus (10) die Basis (2) zur Durchführung einer Drehbewegung in Abhängigkeit vom Biegewinkel θ' antreibt und der Z-Hubmechanismus (12) die Basis (2) zur Durchführung einer Hubbewegung in Abhängigkeit vom Neigungswinkel α antreibt, und wobei die Steuereinrichtungen (8) ferner einen Neigungswinkel β , den das zu schweißende Element (W1, W2) relativ zur Horizontalebene in einer Richtung senkrecht zu der Richtung, in der sich die Nut (b) erstreckt, bildet, aus Detektionswerten der dritten und vierten Detektionseinrichtung (P5, P4) berechnen, um den Bewegungsmittelpunkt der hin- und hergehenden Schwingbewegung, die der Schweißbrenner (30L, 30T) unter der Wirkung des Schwingmechanismus durchführt, in Abhängigkeit vom Neigungswinkel zu verschieben.

8. Verfahren zum einseitigen Schweißen einer Nut (b), die zwischen miteinander zu verschweißenden gekrümmten Stahlplatten (W1, W2), welche so angeordnet sind, daß ihre gegenüberliegenden Ränder gegeneinanderstoßen, ausgebildet ist, mit einem Paar von Schutzgas-Lichtbogenschweißbrennern (30L, 30T) unter Verwendung einer Vorrichtung zum einseitigen Schweißen nach einem der vorangehenden Ansprüche mit den folgenden Schritten:

Auswählen des Nutwinkels der zwischen den miteinander zu verschweißenden gekrümmten Stahlplatten (W1, W2) gebildeten V- oder Y-förmigen Nut auf einen Wert von 30° bis 65° mit einer über die Innenflächen derselben aufgebrachten Haftschweißung;

Aufbringen einer Unterstützung (BP) auf die Rückseite der Nut (b) und Füllen der Nut mit Stahlpartikeln oder Eisenpulver bis auf eine Höhe, die einem Viertel bis zu zwei Dritteln der Plattendicke entspricht;

Auswählen des Interelektrodenabstandes zwischen den Elektrodendrähten (wa1, wa2) des Paars der Schutzgas-Lichtbogenschweißbrenner (30L, 30T) auf einen Wert von 100 mm bis 600 mm;

Auswählen der Schweißstromdichte derart, daß diese 200 A/mm^2 entspricht oder größer als dieser Wert ist, für einen vorderen Elektrodendraht (wa1) und derart, daß diese 150 A/mm^2 entspricht oder größer als dieser Wert ist, für einen Folgeschweißelektrodendraht (wa2); und

Schwingenlassen des vorderen Elektrodendrahtes (wa1) mit einer Frequenz von 40 bis 150 Zyklen pro Minute und des Folgeelektrodendrahtes (wa2) mit einer Frequenz von 30 und weniger als 120 Zyklen pro Minute.

9. Verfahren zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 8, bei dem der Folgeelektrodendraht (wa1) einen mit einem Flußmittelkern versehenen Draht umfaßt, der mit einem Flußmittel gefüllt ist, das in Gew.-% bezogen auf das gesamte Drahtgewicht die folgenden Bestandteile enthält:

TiO_2 von 2,5 bis 7,0%

ZrO_2 von 0,4 bis 1,0%

Al_2O_5 von 0,1 bis 1,0%

Si von 0,2 bis 1,2%

Mn von 1,0 bis 4,0%

Mg von 0,1 bis 1,0%,

wobei das Flußmittel desweiteren Na und/oder K in einer Gesamtmenge von 0,03 bis 0,3% enthält.

10. Verfahren zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 9, bei dem der Folgeelektrodendraht (wa2) einen mit einem Flußmittelkern versehenen Draht umfaßt, der mit einem Flußmittel gefüllt ist, das desweiteren in Gew.-% bezogen auf das Gesamtdrahtgewicht die folgenden Bestandteile enthält:

Ni von 0,3 bis 3,0%

Ti von 0,02 bis 0,2%

B von 0,002 bis 0,015%.

11. Verfahren zum einseitigen Schweißen von gekrümmten Stahlplatten nach Anspruch 8, bei dem mindestens der Draht (wa1) der vorderen Elektrode mit einem ersten Schutzgas und einem zweiten Schutzgas doppelt abgeschirmt ist.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

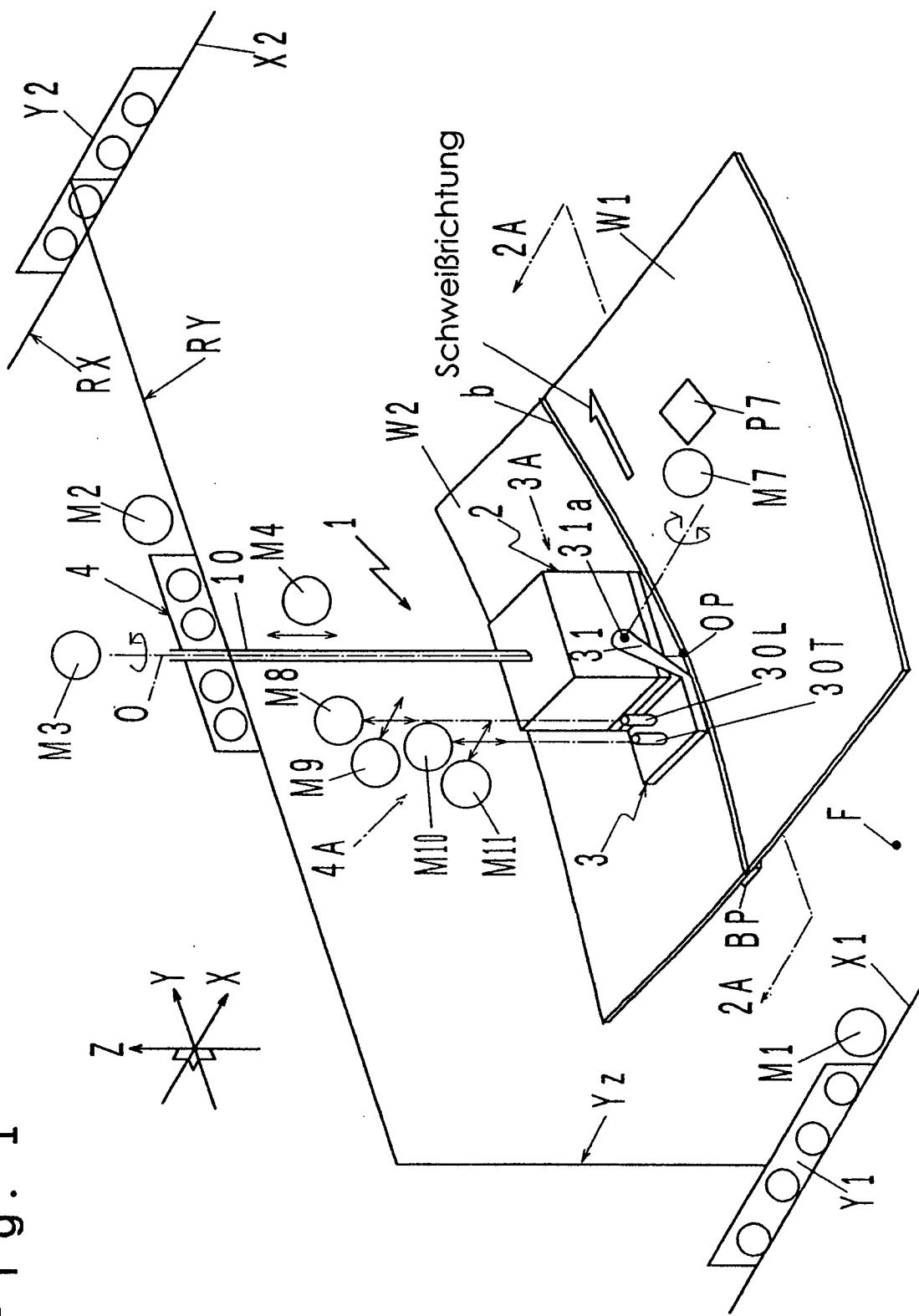


Fig. 2

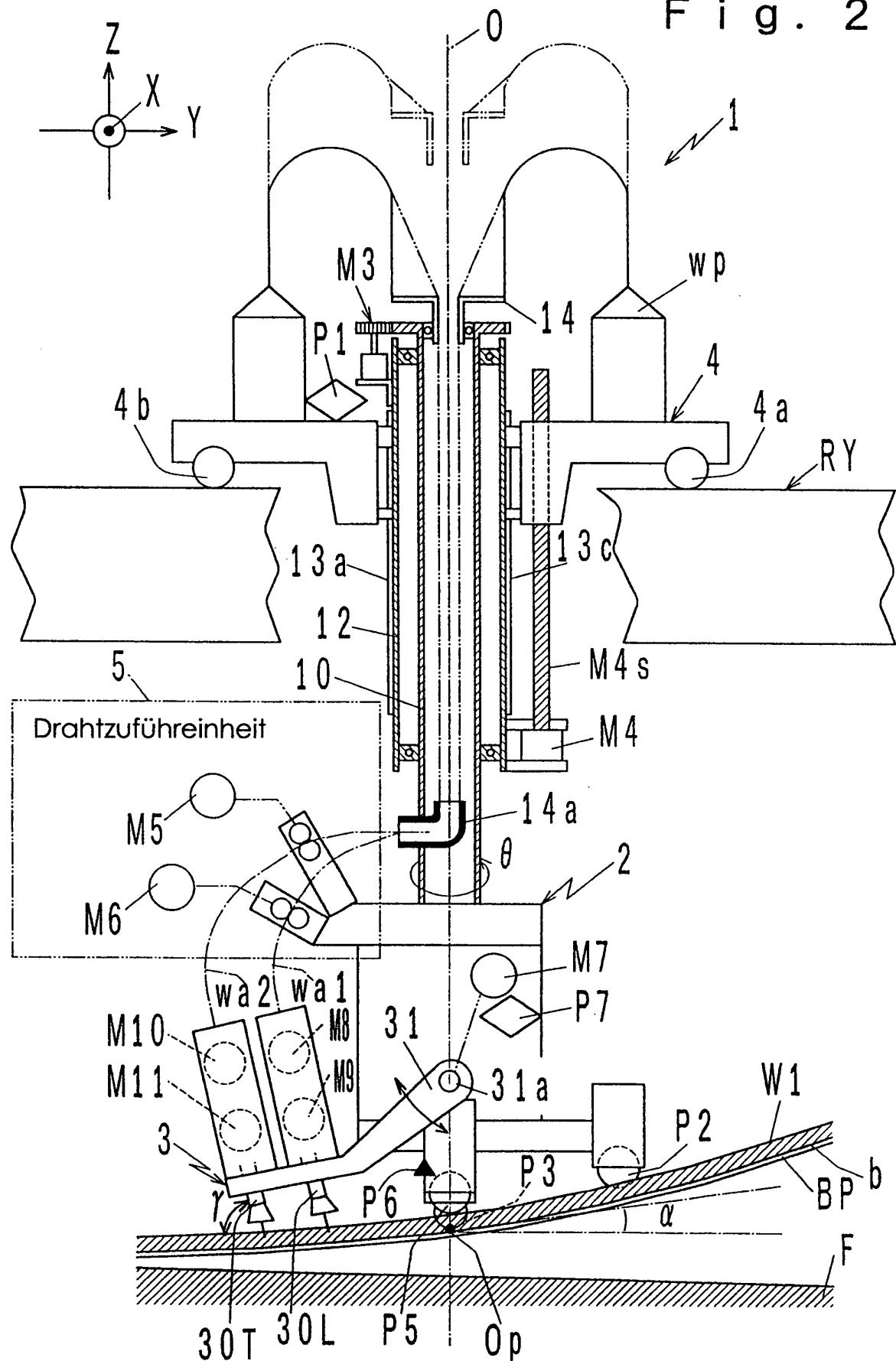


Fig. 3

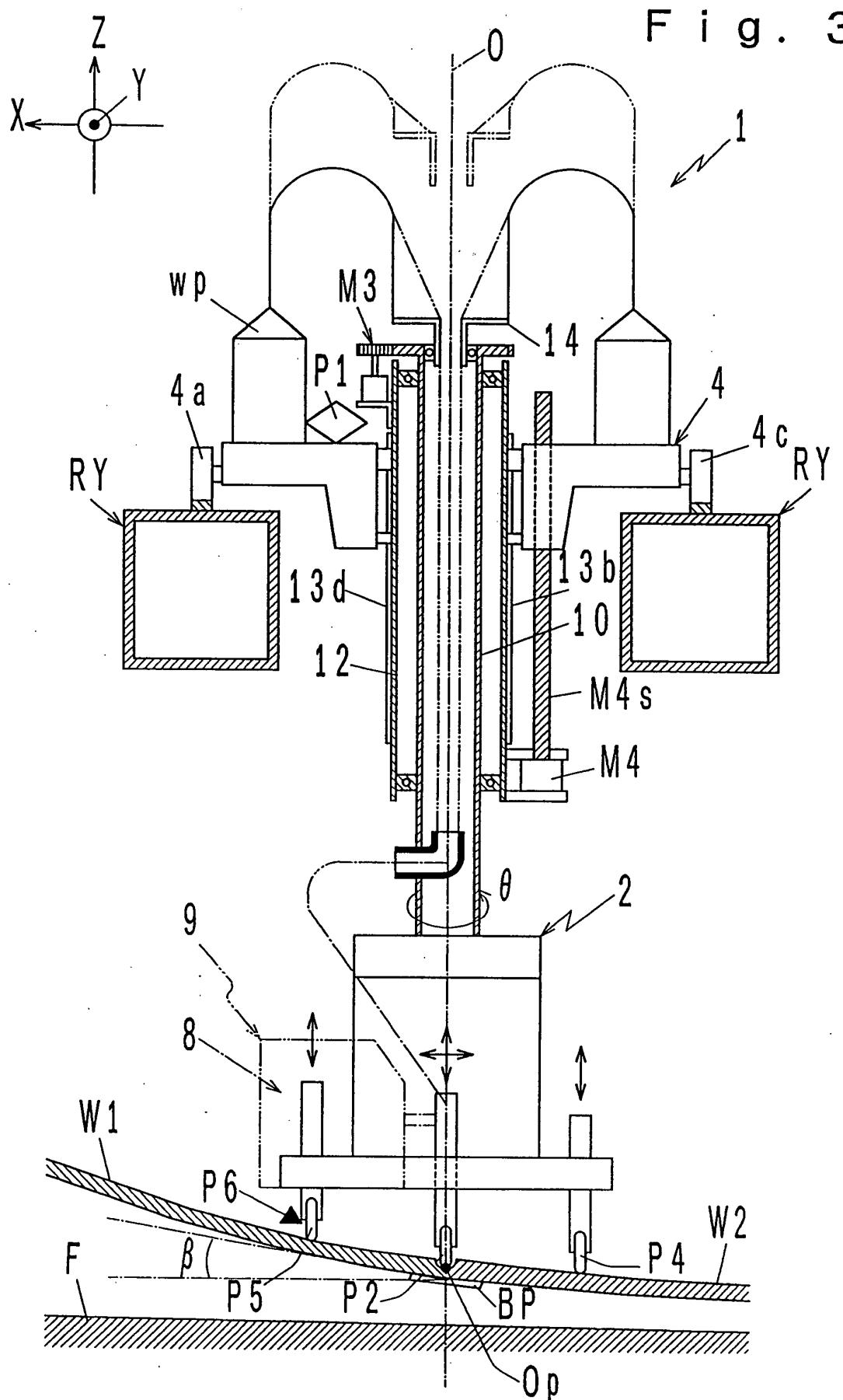
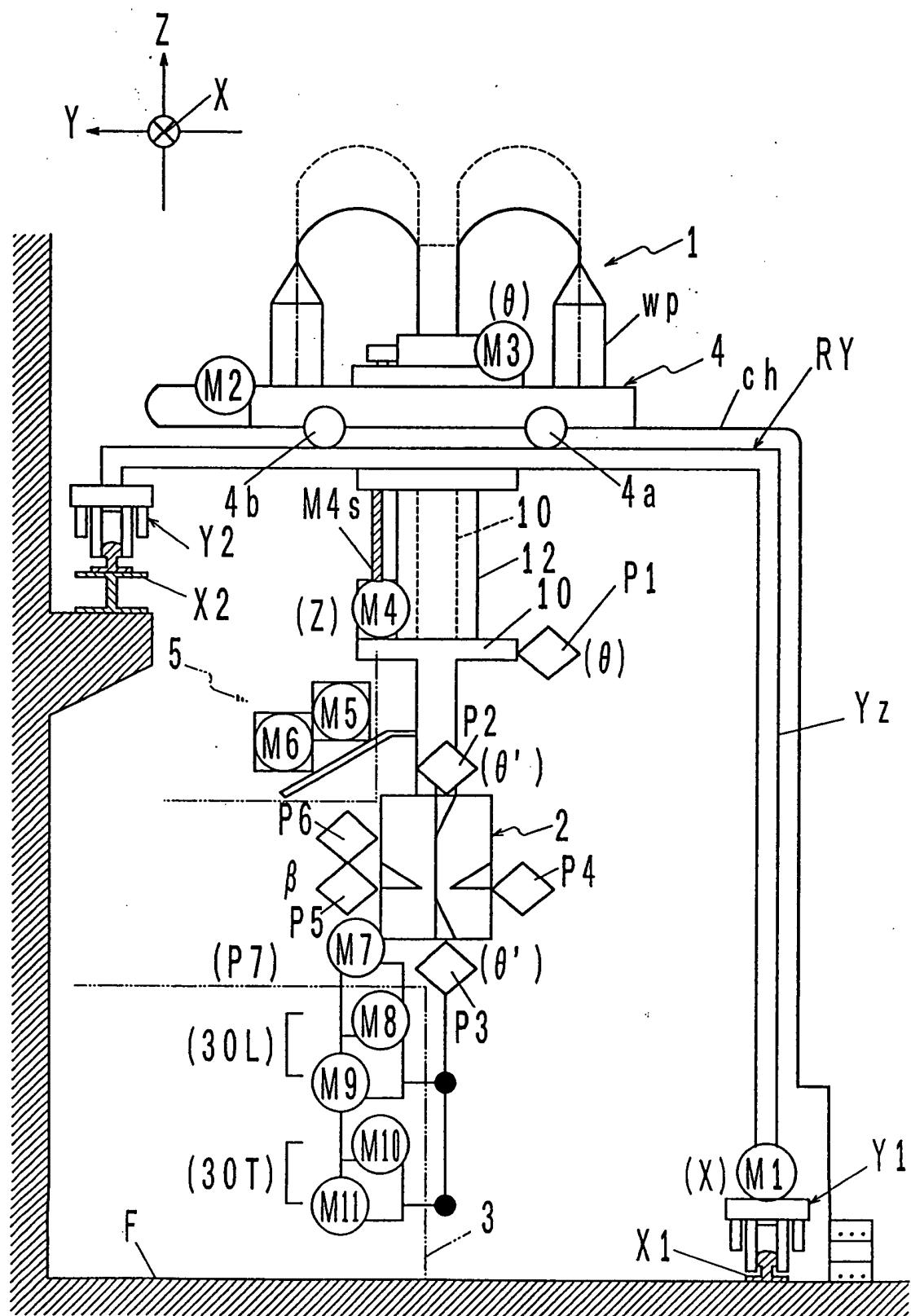


Fig. 4



F i g . 5

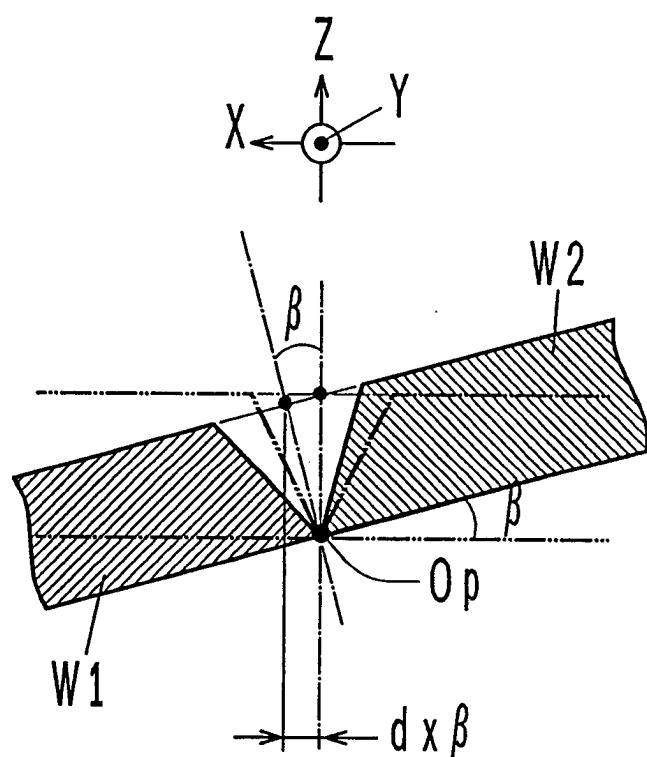
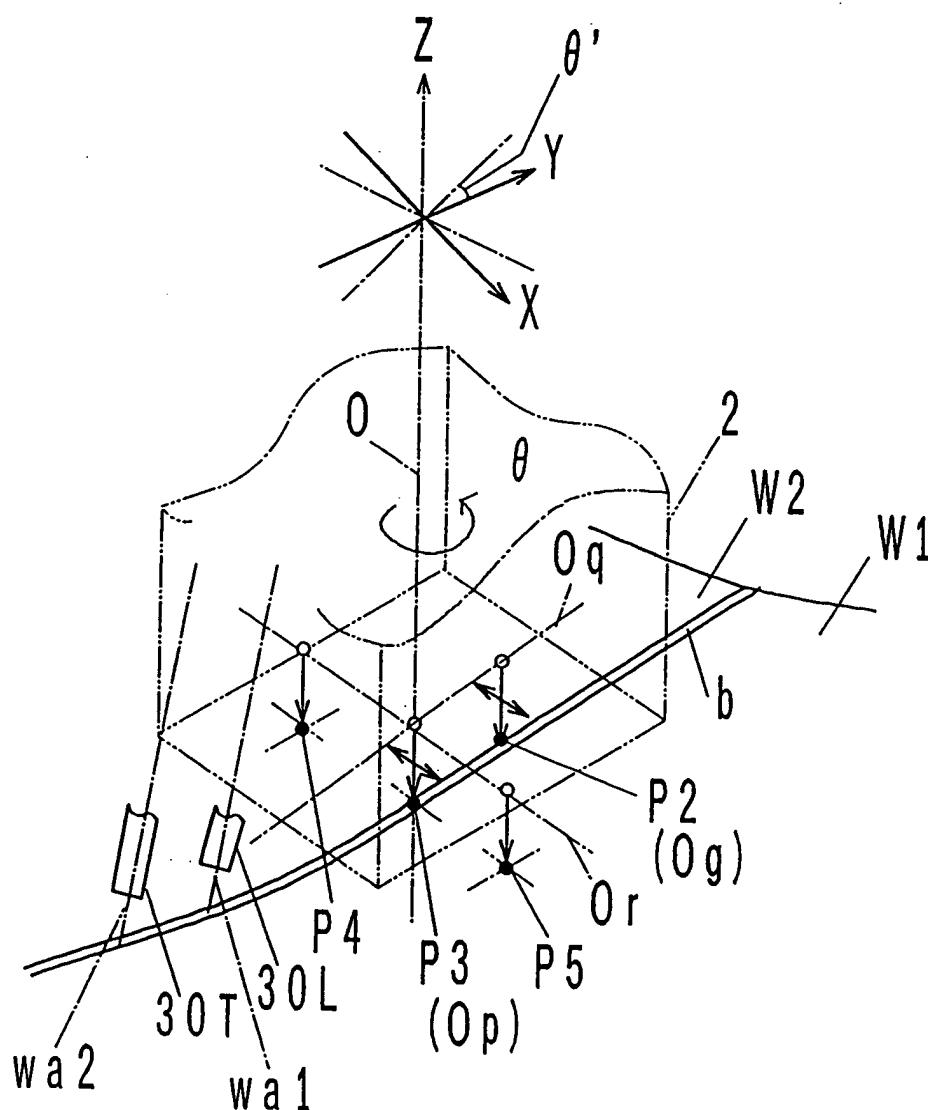
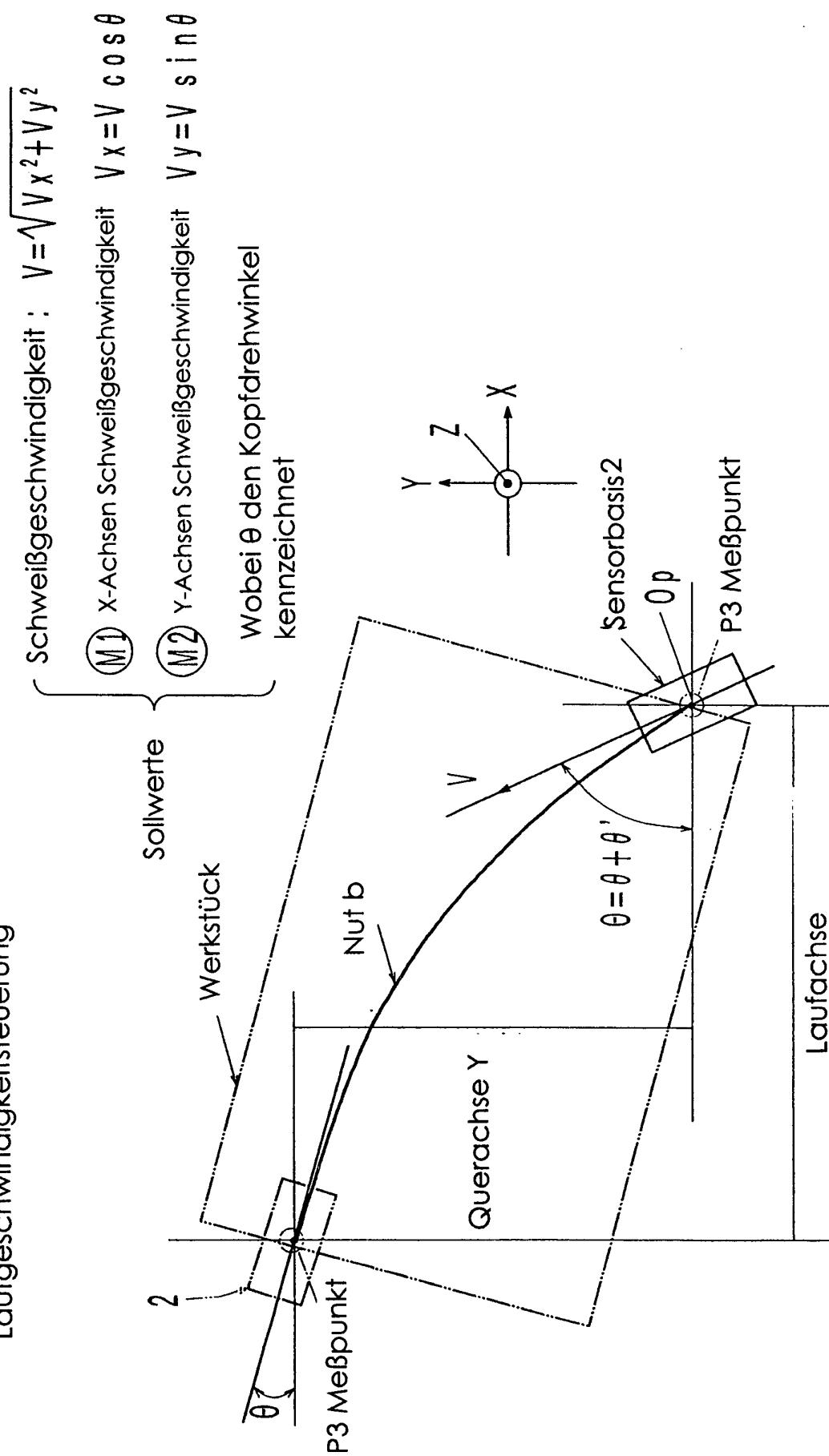


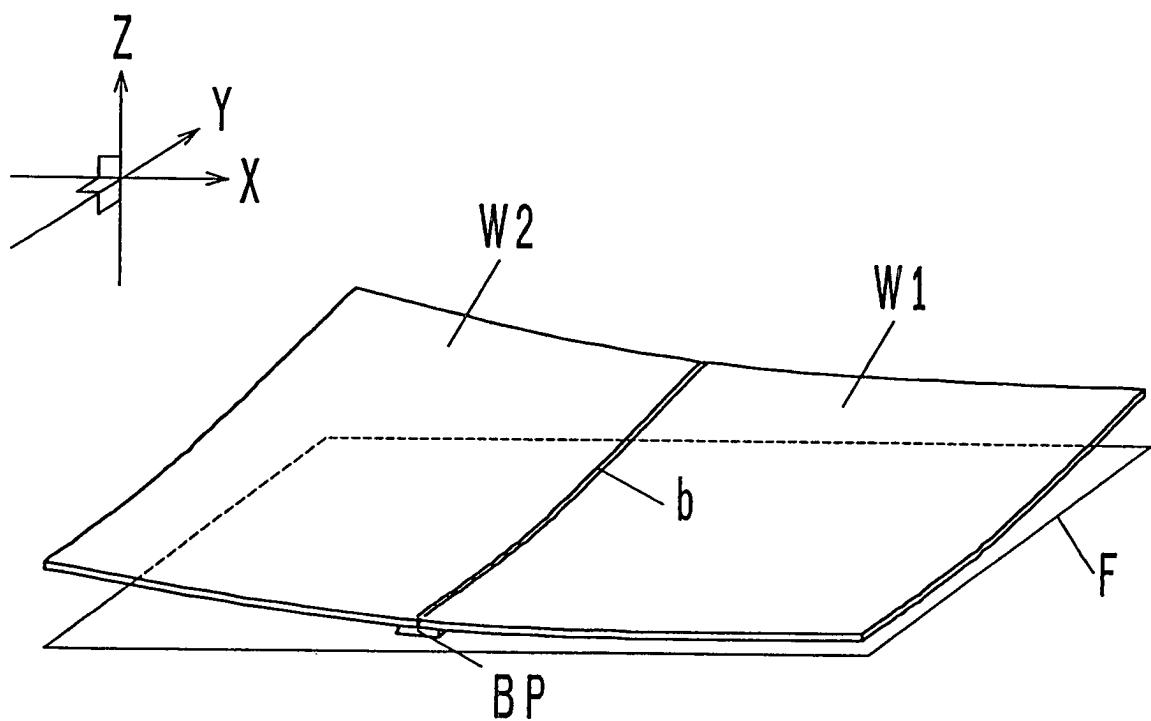
Fig. 6



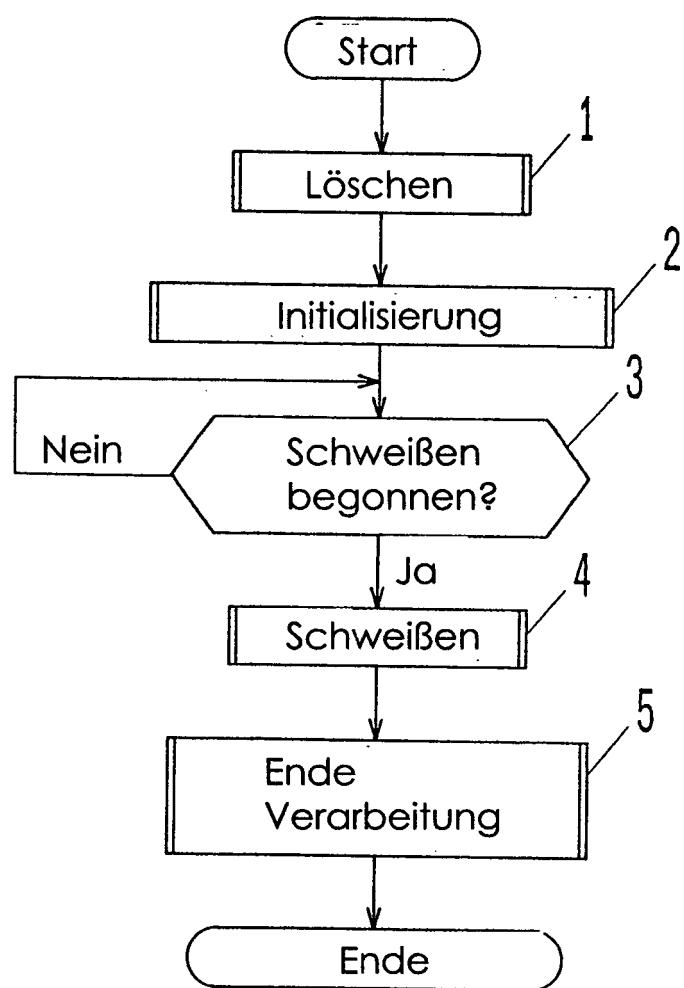
F i g . 7
Lauftgeschwindigkeitsteuerung



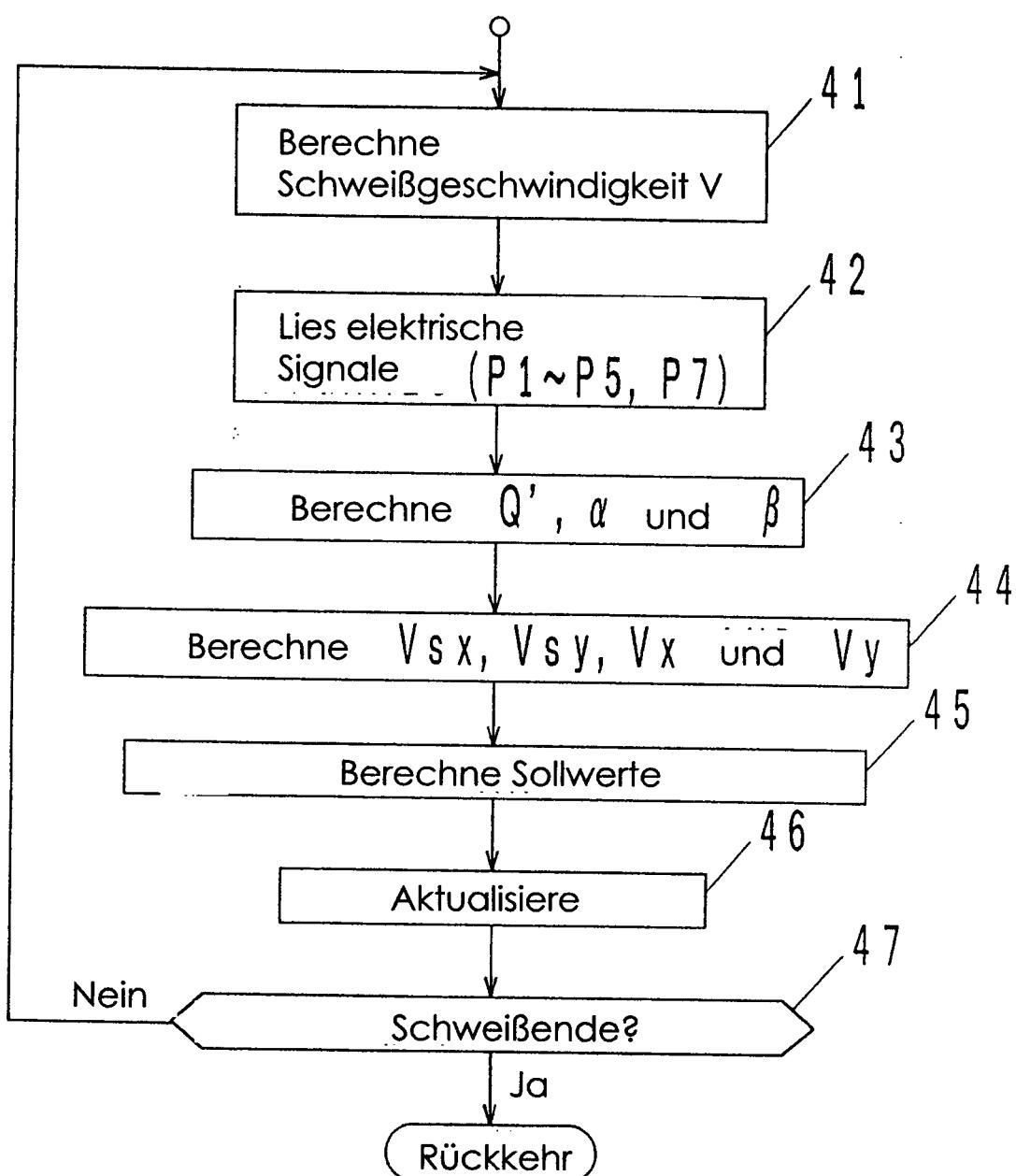
F i g . 8



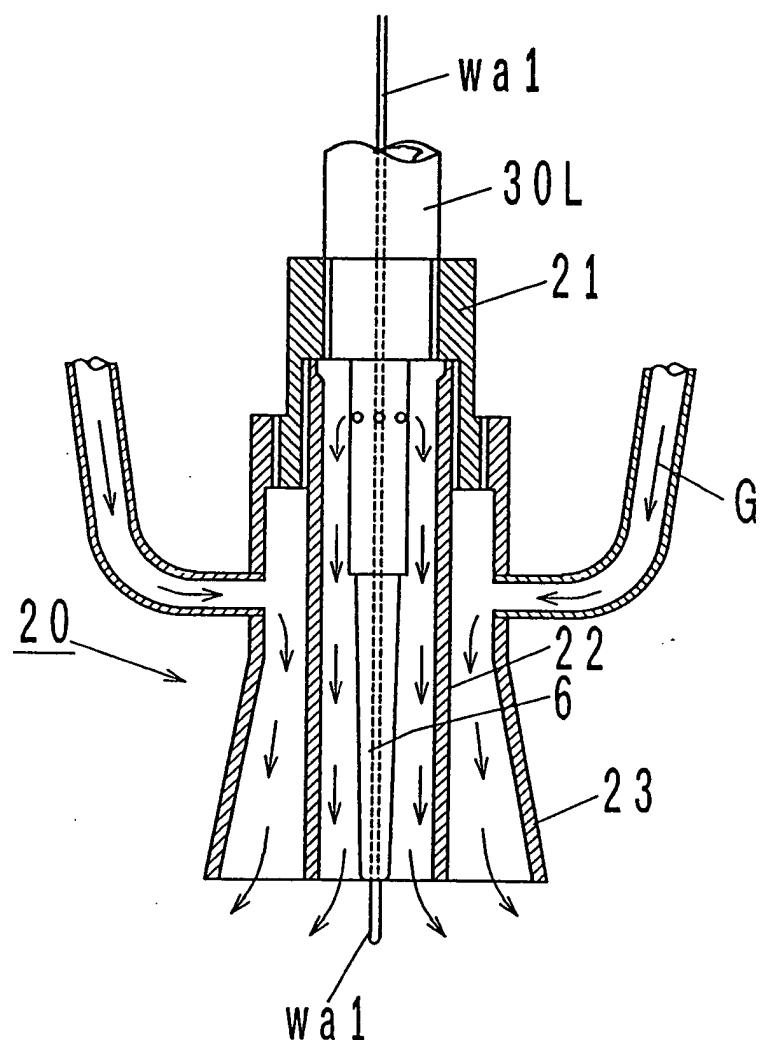
F i g . 9



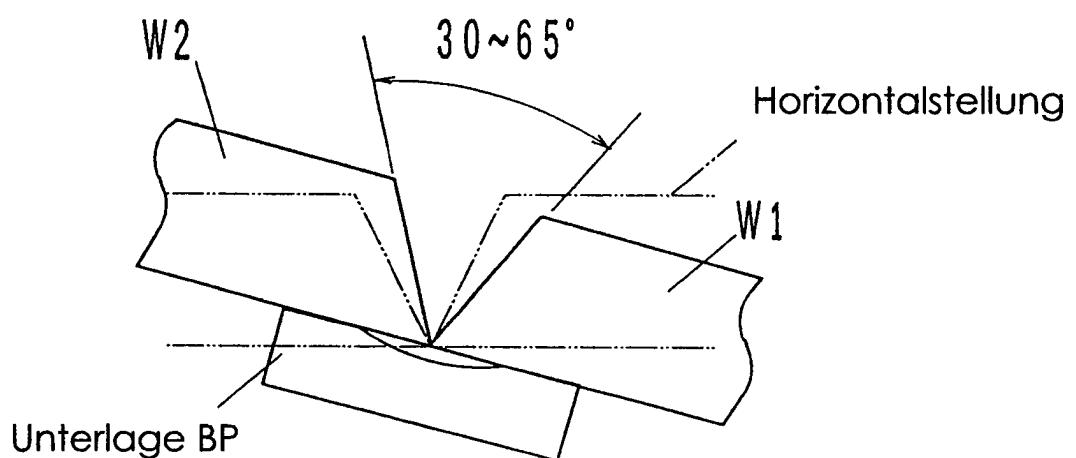
F i g . 1 0



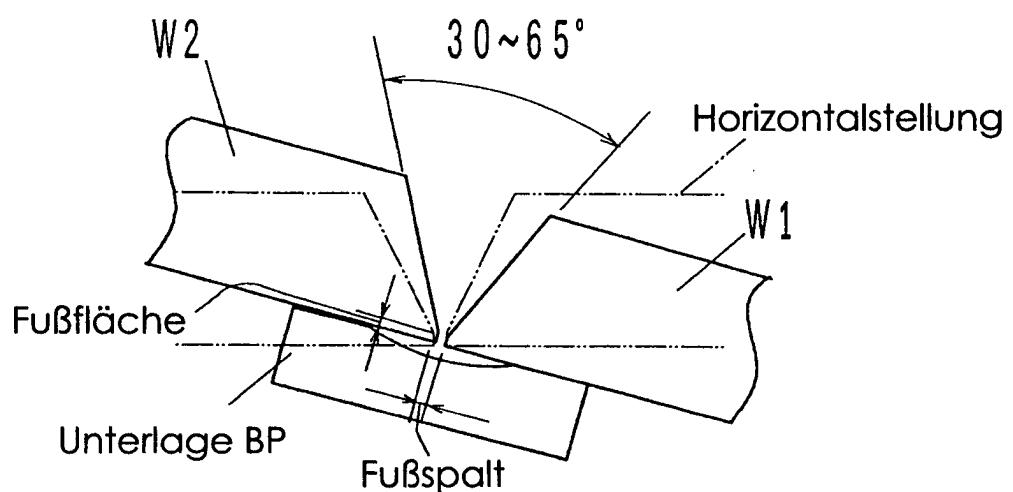
F i g . 1 1



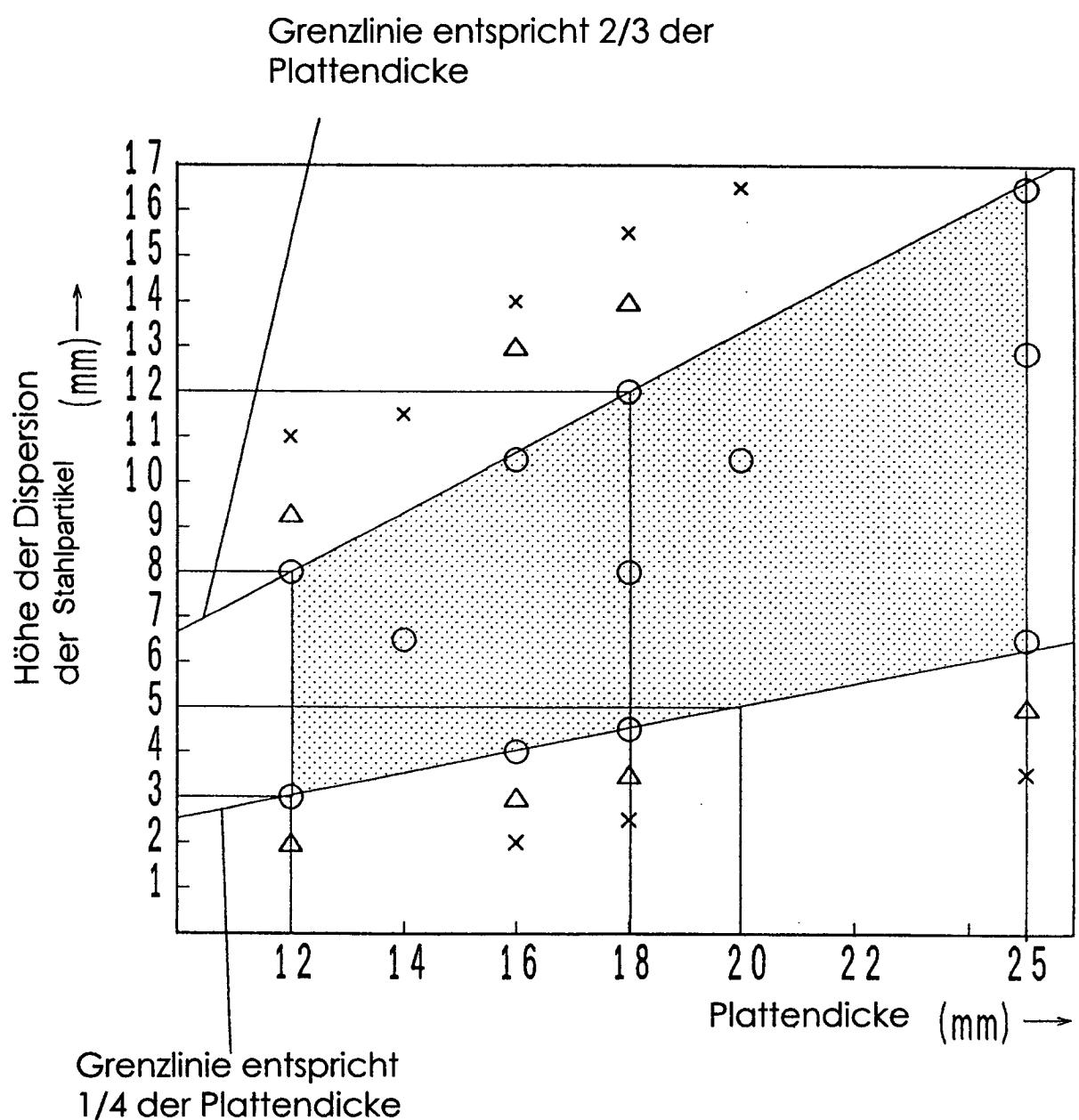
F i g . 1 2 a



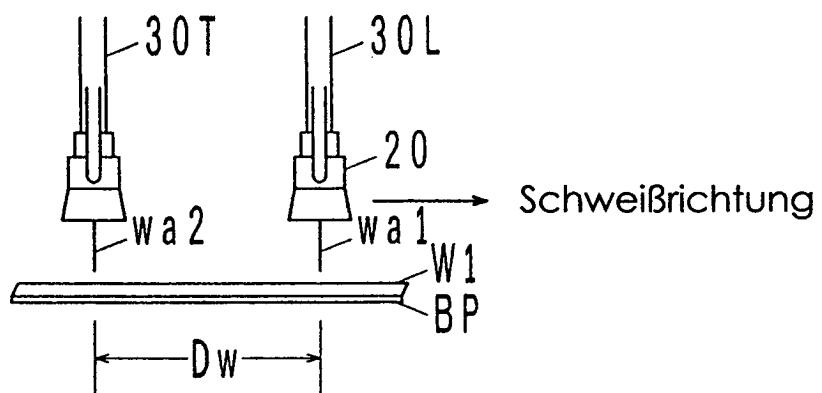
F i g . 1 2 b



F i g . 1 3



F i g . 1 4



F i g . 1 5

