



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/248650**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜbkG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 002 774.9**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/018311**  
(86) PCT-Anmeldetag: **16.05.2023**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **28.12.2023**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **18.06.2025**

(51) Int Cl.: **B23K 9/167 (2006.01)**  
**B23K 9/025 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2022-102081**      **24.06.2022**      **JP**

(71) Anmelder:  
**Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**Diehl & Partner Patent- und Rechtsanwaltskanzlei  
mbB, 80636 München, DE**

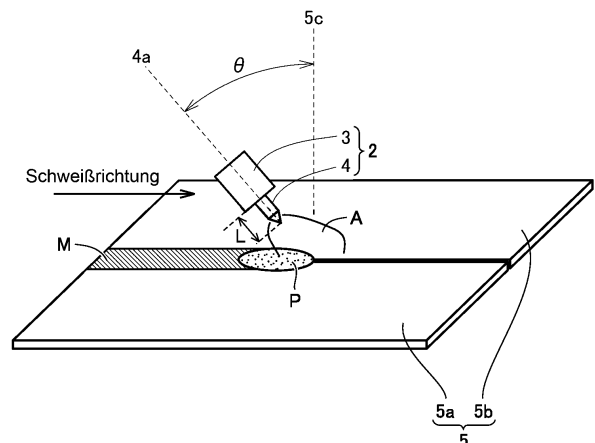
(72) Erfinder:  
**Imai, Tomoya, Tokyo, JP; Sakakibara, Masaaki,  
Tokyo, JP; Monodane, Takeshi, Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Schweißverfahren, Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers und Schweißvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Schweißverfahren und eine Schweißvorrichtung unter Verwendung einer nicht-abschmelzenden Elektrode bereitgestellt, die sowohl eine höhere Schweißgeschwindigkeit als auch einen größeren Maßspielraum für einen Schweißspalt erzielen können. Das Schweißverfahren umfasst einen Vorbereitungsschritt und einen Schweißschritt. Im Schweißschritt wird ein Abschnitt, bei dem ein erstes Ende (5aa) und ein zweites Ende (5ba) aneinanderstoßen, unter Verwendung eines Lichtbogens (A) geschweißt, der durch eine nichtabschmelzende Elektrode (4) mit einer Mittelachse (4a) erzeugt wird, wobei ein erstes Schweißobjekt (5a) und ein zweites Schweißobjekt (5b) so angeordnet sind, dass sie den Abschnitt bilden. Die Mittelachse (4a) der nichtabschmelzenden Elektrode (4) ist in Bezug auf eine Normale (5c) zu den Flächen des ersten Schweißobjekts (5a) und des zweiten Schweißobjekts (5b) bei dem Abschnitt geneigt. Die Mittelachse (4a) ist in Bezug auf die Normale (5c) in einer Richtung geneigt, die der Bewegungsrichtung der nichtabschmelzenden Elektrode (4) in Bezug auf den Abschnitt entgegengesetzt ist. Der Neigungswinkel  $\theta$  der Mittelachse (4a) in Bezug auf die Normale (5c) beträgt  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$ .



**Beschreibung**

Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Schweißverfahren, ein Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers und eine Schweißvorrichtung.

## Hintergrund

**[0002]** Herkömmlicherweise ist ein Schweißverfahren unter Verwendung einer nichtabschmelzenden Elektrode bekannt. Beispielsweise ist ein Wolfram-Inertgas-Schweißverfahren (WIG) zum Erzeugen eines Lichtbogens zwischen einer Wolframelektrode, die eine nichtabschmelzende Elektrode ist, und einem Schweißobjekt in einer Inertgasatmosphäre beim Schweißen von Komponenten eines Dosenkörpers und dünnen Plattenmaterialien weit verbreitet, da es weniger Schweißspritzer verursacht und qualitativ hochwertige Schweißverbindungen erzeugt. Allerdings weist das Schweißverfahren unter Verwendung der nichtabschmelzenden Elektrode, wie das WIG-Schweißverfahren, die folgenden Probleme auf: Die Schweißgeschwindigkeit ist niedrig und der Abmessungsspielraum für den Spalt zwischen den Schweißobjekten (Schweißspalt) ist im Vergleich zu einem Metall-Aktivgas-Schweißverfahren (MAG) und einem Metall-Inertgas-Schweißverfahren (MIG) unter Verwendung von abschmelzenden Elektroden gering.

**[0003]** Beispielsweise wird im Offenlegungsschrift japanischer Patentanmeldung Nr. 2012-139704 daher doppeltes Schutzgas aus der Düse des Schweißbrenners geleitet, in dem sich die Wolframelektrode befindet, wodurch die Energiedichte des Lichtbogens erhöht und die Richtwirkung des Lichtbogens für eine höhere Schweißgeschwindigkeit verbessert wird.

## Zitierungsliste

## Patentliteratur

**[0004]** PTL 1: Offenlegungsschrift japanischer Patentanmeldung Nr. 2012-139704

## Überblick über die Erfindung

## Technisches Problem

**[0005]** Das oben beschriebene Schweißverfahren, das im Offenlegungsschrift japanischer Patentanmeldung Nr. 2012-139704 offenbart ist, kann die Schweißgeschwindigkeit erhöhen, löst jedoch nicht das Problem eines geringen Abmessungsspielraums für den Schweißspalt. Bei dem herkömmlichen Schweißverfahren unter Verwendung einer nichtabschmelzenden Elektrode ist es daher schwierig,

gleichzeitig eine höhere Schweißgeschwindigkeit und einen größeren Abmessungsspielraum für den Schweißspalt zu erreichen.

**[0006]** Daher ist es ein Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Schweißverfahren und eine Schweißvorrichtung unter Verwendung einer abschmelzenden Elektrode bereitzustellen, die gleichzeitig eine höhere Schweißgeschwindigkeit und einen größeren Abmessungsspielraum für einen Schweißspalt erzielen können, und auch ein Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers unter Verwendung des Schweißverfahrens und der Schweißvorrichtung bereitzustellen.

## Lösung des Problems

**[0007]** Ein Schweißverfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst Vorbereiten und Schweißen. Beim Vorbereiten werden ein erstes Schweißobjekt mit einem ersten Ende und ein zweites Schweißobjekt mit einem zweiten Ende vorbereitet. Beim Schweißen wird ein Abschnitt, bei dem das erste Ende und das zweite Ende aneinanderstoßen, unter Verwendung eines Lichtbogens zusammenschweißt, der durch eine nichtabschmelzende Elektrode mit einer Mittelachse erzeugt wird, wobei das erste Schweißobjekt und das zweite Schweißobjekt so angeordnet sind, dass sie den Abschnitt bilden. Beim Schweißen wird der Abschnitt geschweißt, während die nichtabschmelzende Elektrode relativ zum Abschnitt bewegt wird. Die Mittelachse der nichtabschmelzenden Elektrode ist in Bezug auf eine Normale zu den Flächen des ersten Schweißobjekts und des zweiten Schweißobjekts an dem Abschnitt geneigt. Die Mittelachse ist in Bezug auf die Normale in einer Richtung geneigt, die entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung der nichtabschmelzenden Elektrode in Bezug auf den Abschnitt ist. Ein Neigungswinkel der Mittelachse in Bezug auf die Normale beträgt  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$ .

**[0008]** Ein Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers gemäß der vorliegenden Offenbarung ist ein Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers unter Verwendung des oben beschriebenen Schweißverfahrens. Beim Vorbereiten wird ein Körperabschnitt mit röhrenförmiger Form als das erste Schweißobjekt vorbereitet, wobei der Körperabschnitt den Dosenkörper bildet. Beim Vorbereiten wird ein Endplattenabschnitt des Dosenkörpers als das zweite Schweißobjekt vorbereitet. Das erste Ende ist ein ringförmiges Ende in einer Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts. Das zweite Ende ist ein äußerer Umfangsabschnitt des Endplattenabschnitts. Beim Schweißen werden der Körperabschnitt und der Endplattenabschnitt so angeordnet, dass sie den Abschnitt bilden, bei dem das Ende des Körperabschnitts und der äußere Umfangsabschnitt des Endplattenabschnitts aneinanderstoßen.

Während die nichtabschmelzende Elektrode befestigt wird, wird der Abschnitt geschweißt, während der Körperabschnitt und der Endplattenabschnitt um eine Drehmittelachse herum gedreht werden, die sich in der Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts erstreckt. Die Normale ist eine gerade Linie, die senkrecht zur Drehachse steht und die Drehmittelachse mit einer Spitze der nichtabschmelzenden Elektrode verbindet.

**[0009]** Eine Schweißvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst eine nichtabschmelzende Elektrode, eine Stromversorgung und eine Steuereinheit. Die nichtabschmelzende Elektrode weist eine Mittelachse auf. Die Stromversorgung versorgt die nichtabschmelzende Elektrode mit elektrischer Energie. Die Steuereinheit steuert eine Orientierung der Mittelachse der nichtabschmelzenden Elektrode in Bezug auf ein Schweißobjekt.

#### Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

**[0010]** Gemäß der oben genannten Ausführung können ein Schweißverfahren und eine Schweißvorrichtung unter Verwendung einer abschmelzenden Elektrode, die gleichzeitig eine höhere Schweißgeschwindigkeit und einen größeren Abmessungsspielraum für einen Schweißspalt erzielen kann, sowie ein Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers unter Verwendung des Schweißverfahrens und der Schweißvorrichtung erhalten werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die eine Konfiguration einer Schweißvorrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

**Fig. 2** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen eines Schweißverfahrens gemäß Ausführungsform 1.

**Fig. 3** ist ein Flussdiagramm des in **Fig. 2** gezeigten Schweißverfahrens.

**Fig. 4** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen eines Schweißverfahrens gemäß Ausführungsform 2.

**Fig. 5** ist eine schematische Ansicht aus der durch den Pfeil in **Fig. 4** angegebenen Richtung.

**Fig. 6** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen einer Modifikation des in den **Fig. 4** und **5** gezeigten Schweißverfahrens.

**Fig. 7** ist eine schematische Ansicht, die eine Konfiguration einer Schweißvorrichtung gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

**Fig. 8** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen eines Schweißverfahrens gemäß Ausführungsform 3.

**Fig. 9** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen eines Dosenkörpers gemäß Ausführungsform 4.

**Fig. 10** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen des in **Fig. 9** gezeigten Verfahrens zum Herstellen eines Dosenkörpers.

**Fig. 11** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen des in **Fig. 9** gezeigten Verfahrens zum Herstellen eines Dosenkörpers.

**Fig. 12** ist eine schematische Ansicht zum Zeigen des in **Fig. 9** gezeigten Verfahrens zum Herstellen eines Dosenkörpers.

**Fig. 13** ist eine schematische Ansicht, die eine Konfiguration einer Schweißvorrichtung gemäß Ausführungsform 5 zeigt.

**Fig. 14** ist eine schematische Ansicht, die eine Konfiguration einer Schweißvorrichtung gemäß Ausführungsform 6 zeigt.

**Fig. 15** ist eine schematische Ansicht, die die Konfiguration der Schweißvorrichtung gemäß Ausführungsform 6 zeigt.

**Fig. 16** ist eine schematische Ansicht, die eine Konfiguration einer Schweißvorrichtung gemäß Ausführungsform 7 zeigt.

**Fig. 17** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen einem Neigungswinkel einer Mittelachse einer nichtabschmelzenden Elektrode und einem maximalen Lichtbogendruck zeigt.

**Fig. 18** ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen Lichtbogenlänge und maximalem Lichtbogendruck zeigt.

**Fig. 19** ist ein Diagramm, das die Temperaturverteilung bei einer Lichtbogenlöschung von einer Schmelzbadspitze für jeden Neigungswinkel zeigt.

#### Beschreibung der Ausführungsformen

**[0011]** Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung werden nachfolgend beschrieben. Gleiche oder entsprechende Komponenten weisen die gleichen zugeordneten Bezugszeichen auf, und deren Beschreibung wird nicht wiederholt.

#### Ausführungsform 1

<Konfiguration der Schweißvorrichtung>

**[0012]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist eine Schweißvorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine Schweißvorrichtung, die ein sogenanntes WIG-Schweißverfahren durchführt und hauptsächlich einen Schweißbrenner 2, eine Stromversorgung 6, eine Steuereinheit 7 und eine Antriebseinheit 8 umfasst. Der Schweißbrenner 2 umfasst eine nicht-

abschmelzende Elektrode 4 und eine Düse 3. Die nichtabschmelzende Elektrode 4 ist beispielsweise eine Wolframelektrode. Als Material für die nichtabschmelzende Elektrode 4 kann reines Wolfram oder eine Wolframlegierung verwendet werden. Die Wolframlegierung kann beispielsweise aus Wolfram bestehen, das einige Prozent eines Legierungselements wie Lanthan, Cer oder Thorium enthält. Wie in **Fig. 2** gezeigt, weist die nichtabschmelzende Elektrode 4 eine Mittelachse 4a auf. Die nichtabschmelzende Elektrode 4 befindet sich innerhalb der Düse 3. Wenn die nichtabschmelzende Elektrode 4 stabförmig ist, ist die Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 eine virtuelle Achse, die sich entlang der Erstreckungsrichtung der stabförmigen nichtabschmelzenden Elektrode 4 erstreckt und durch den Mittelabschnitt in einem Querschnitt senkrecht zur Erstreckungsrichtung der nichtabschmelzenden Elektrode 4 verläuft.

**[0013]** Die Düse 3 liefert Schutzgas an den Umfang der nichtabschmelzenden Elektrode 4. Die Düse 3 ist mit einer Schutzgasversorgungsquelle (nicht gezeigt) verbunden. Das Schutzgas wird in der Schutzgasversorgungsquelle gespeichert. Das von Düse 3 an den Umfang der nichtabschmelzenden Elektrode 4 geleitete Schutzgas wird vom Umfang der nichtabschmelzenden Elektrode 4 zu dem Schweißobjekt 5 hin gespritzt. Als Schutzgas kann jedes für das WIG-Schweißen verwendete Inertgas verwendet werden. Als Schutzgas kann beispielsweise ein Argongas, ein Heliumgas oder eine Gas Mischung dieser Gase verwendet werden. Eine Gas Mischung, die durch Mischen einiger Prozent eines aktiven Gases in das obige Inertgas erhalten wird, kann ebenfalls als Schutzgas verwendet werden. Beispielsweise kann ein Sauerstoffgas, ein Stickstoffgas oder ein Wasserstoffgas als das in dem gemischten Gas enthaltene aktive Gas verwendet werden.

**[0014]** Stromquelle 6 versorgt die nichtabschmelzende Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 mit elektrischer Energie. Der negative Anschluss der Stromquelle 6 ist mit der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 verbunden. Der positive Anschluss der Stromquelle 6 ist mit dem Schweißobjekt 5 verbunden. Infolgedessen wird ein Lichtbogen A, der ein WIG-Lichtbogen ist, zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und dem Schweißobjekt 5 erzeugt, wie in **Fig. 2** gezeigt.

**[0015]** Die Antriebseinheit 8 ändert dementsprechend die Orientierung und Position des Schweißbrenners 2 in Bezug auf das Schweißobjekt 5. Die Steuereinheit 7 kann die Richtung der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 durch Steuern der Antriebseinheit 8 steuern. Insbesondere steuert die Antriebseinheit 8 die Orientierung des Schweißbrenners 2 so,

dass die Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf eine Normale 5c zum Schweißobjekt 5 geneigt ist, wie in **Fig. 2** gezeigt. Als Antriebseinheit 8 kann jede beliebige Konfiguration verwendet werden. Beispielsweise kann ein mehrachsiger Roboterarm oder dergleichen als Antriebseinheit 8 verwendet werden.

**[0016]** Es genügt, dass die Position und Orientierung der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 geändert werden kann. Beispielsweise kann der Schweißbrenner 2 einschließlich der nichtabschmelzenden Elektrode 4 fixiert sein, während ein Halterungselement, wie beispielsweise ein Ständer, der das Schweißobjekt 5 hält, in Bezug auf den Schweißbrenner 2 bewegt werden kann. In diesem Fall umfasst die Schweißvorrichtung 1 eine Bewegungseinheit, die das Halterungselement bewegt. Die Bewegungseinheit kann eine beliebige Konfiguration aufweisen und beispielsweise ein XY-Tisch sein.

**[0017]** Das Material für das Schweißobjekt 5 ist nicht besonders eingeschränkt. Beispiele für das Material für das Schweißobjekt 5 umfassen Stahlmaterialien wie Kohlenstoffstahl und Edelstahl, Aluminiumlegierungen, Magnesiumlegierungen, Nickellegierungen, Kupferlegierungen und Titanlegierungen.

#### <Schweißverfahren>

**[0018]** Bei dem Schweißverfahren unter Verwendung der in **Fig. 1** gezeigten Schweißvorrichtung 1 wird zunächst ein Vorbereitungsschritt (S1) durchgeführt, wie in **Fig. 3** gezeigt. In diesem Schritt (S1) werden ein erstes Schweißobjekt 5a mit einem ersten Ende 5aa und ein zweites Schweißobjekt 5b mit einem zweiten Ende 5ba vorbereitet, wie in **Fig. 2** gezeigt.

**[0019]** Als Nächstes wird ein Schweißschritt (S2) durchgeführt. In diesem Schritt (S2) werden das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b so angeordnet, dass sie einen Abschnitt bilden, bei dem das erste Ende 5aa und das zweite Ende 5ba aneinanderstoßen, wie in **Fig. 2** gezeigt. In diesem Zustand wird der obige Abschnitt unter Verwendung des Lichtbogens A geschweißt, der durch eine nichtabschmelzende Elektrode 4 mit einer Mittelachse 4a erzeugt wird. Eine spezifische Beschreibung wird nachfolgend gegeben.

**[0020]** In dem obigen Schritt (S2) sind das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b Platten, und die Endfläche des ersten Endes 5aa und die Endfläche des zweiten Endes 5ba werden in einer Stoßverbindung aneinandergestoßen. Zu diesem Zeitpunkt können die aneinandergestoßenen Endflächen miteinander in Kontakt stehen oder es

kann ein Spalt (Schweißspalt) zwischen den beiden Endflächen gebildet werden.

**[0021]** Das Schweißen wird durchgeführt, wobei das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b wie oben beschrieben angeordnet sind. Zunächst wird Schutzgas von der Schutzgasversorgungsquelle (nicht gezeigt) zur Düse 3 des Schweißbrenners 2 geleitet. Anschließend wird die Stromversorgung 6 betrieben, um einen Schweißstrom zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und dem Schweißobjekt 5 anzulegen. Infolgedessen wird der Lichtbogen A erzeugt, wie in **Fig. 2** gezeigt. Danach wird der Schweißbrenner 2 in die Richtung (Schweißrichtung) bewegt, die entlang des Abschnitts verläuft, bei dem die Endfläche des ersten Endes 5aa und die Endfläche des zweiten Endes 5ba aneinanderstoßen. Infolgedessen bewegt sich die nichtabschmelzende Elektrode 4 relativ zu dem obigen Abschnitt, und dieser Abschnitt wird durch den Lichtbogen A geschweißt. Insbesondere schmilzt der Lichtbogen A die Fläche des Schweißobjekts 5 (die Fläche des Abschnitts, bei dem das erste Ende 5aa und das zweite Ende 5ba aneinanderstoßen), wodurch ein Schmelzbad P gebildet wird. Anschließend wird das Schmelzbad P beim Bewegen des Schweißbrenners 2 abgekühlt, um sich zu verfestigen und zu einem Schweißmetall M zu werden. Dadurch werden das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b durch das Schweißmetall M verschweißt.

**[0022]** Zu diesem Zeitpunkt kann das Schweißen durchgeführt werden, indem der Schweißbrenner 2 fixiert wird und das Schweißobjekt 5 in Bezug auf den Schweißbrenner 2 bewegt wird. In dem oben beschriebenen Verfahren wird der Schweißbrenner 2 oder das Schweißobjekt 5, das als Basismetall dient, nach der Erzeugung des Lichtbogens A bewegt, aber der Lichtbogen A kann nach der Bewegung des Schweißbrenners 2 oder des Schweißobjekts 5 erzeugt werden.

**[0023]** In dem obigen Schritt (S2), wie in den **Fig. 1** und **2** gezeigt, ist die Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf die Normale 5c zu den Flächen des ersten Schweißobjekts 5a und des zweiten Schweißobjekts 5b an dem obigen Abschnitt geneigt. Die Normale 5c kann eine Normale zur Fläche (die dem Schweißbrenner 2 zugewandte Fläche) des ersten Schweißobjekts 5a an dem Abschnitt sein, bei dem das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b aneinanderstoßen. Die Neigungsrichtung der Mittelachse 4a ist entgegengesetzt zur Bewegungsrichtung des Schweißbrenners 2 in Bezug auf den Abschnitt, bei dem das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b aneinanderstoßen. Der Neigungswinkel  $\theta$  der Mittelachse 4a in Bezug auf die Normale 5c beträgt  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$ . Somit

wird, wie in **Fig. 2** gezeigt, der Lichtbogen A so gebildet, dass er sich in einer Richtung erstreckt, die in Bezug auf die Fläche des Schweißobjekts 5 geneigt ist. Ferner breitet sich der Lichtbogen A vor dem Schmelzbad P in die Schweißfortschrittsrichtung (die Bewegungsrichtung des Schweißbrenners 2) aus.

**[0024]** Die Länge L des Elektrodenvorsprungs (siehe **Fig. 2**), d. h. der Abstand zwischen der Spitze der Düse 3 des Schweißbrenners 2 und der Spitze der nichtabschmelzenden Elektrode 4, ist nicht besonders begrenzt. Die Länge L des Elektrodenvorsprungs wird vorzugsweise auf 20 mm oder weniger eingestellt. Dies liegt daran, dass befürchtet wird, dass mit zunehmender Elektrodenvorsprungslänge L die Gasschutzeigenschaft abnehmen und das Schweißen instabiler werden könnte oder die Schweißverbindung leichter oxidiert werden könnte. Wenn die Düse 3 jedoch so konfiguriert ist, dass sie einen laminaren Strom von Schutzgas über einen großen Abstand bläst, kann die Elektrodenvorsprungslänge L auf 20 mm oder mehr eingestellt werden.

<Aktionen>

**[0025]** Das Schweißverfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst den Vorbereitungsschritt (S1) und den Schweißschritt (S2). Im Vorbereitungsschritt (S1) werden ein erstes Schweißobjekt 5a mit einem ersten Ende 5aa und ein zweites Schweißobjekt 5b mit einem zweiten Ende 5ba vorbereitet. Im Schweißschritt (S2) wird ein Abschnitt, bei dem das erste Ende 5aa und das zweite Ende 5ba aneinanderstoßen, unter Verwendung eines Lichtbogens A geschweißt, der durch eine nichtabschmelzende Elektrode 4 mit einer Mittelachse 4a erzeugt wird, wobei das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b so angeordnet sind, dass sie den Abschnitt bilden. Im Schweißschritt (S2) wird der obige Abschnitt geschweißt, während die nichtabschmelzende Elektrode 4 relativ zum obigen Abschnitt bewegt wird. Die Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 ist in Bezug auf die Normale 5c zu den Flächen des ersten Schweißobjekts 5a und des zweiten Schweißobjekts 5b am obigen Abschnitt geneigt. Die Mittelachse 4a ist in Bezug auf die Normale 5c in einer Richtung geneigt, die der Bewegungsrichtung der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf den obigen Abschnitt entgegengesetzt ist. Der Neigungswinkel  $\theta$  der Mittelachse 4a in Bezug auf die Normale 5c beträgt  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$ .

**[0026]** Somit wird, wie in **Fig. 2** gezeigt, der Lichtbogen A so geformt, dass er sich in einer Richtung erstreckt, die in Bezug auf die Flächen des ersten Schweißobjekts 5a und des zweiten Schweißobjekts 5b geneigt ist. Ferner breitet sich der Lichtbogen A

vor dem Schmelzbad P in der Schweißfortschrittsrichtung (der Bewegungsrichtung des Schweißbrenners 2 einschließlich der nichtabschmelzenden Elektrode 4) aus. Somit kann die Schweißgeschwindigkeit erhöht werden, indem der Schweißstrom, der der nichtabschmelzenden Elektrode 4 zugeführt wird, erhöht wird, während das Auftreten von Durchbrennfehlern unterdrückt wird. Zudem kann der Bereich vor dem Schmelzbad P in der Schweißfortschrittsrichtung durch den Lichtbogen A vorewärmt werden, wodurch der Abmessungsspielraum für den Schweißspalt vergrößert wird. Eine detailliertere Beschreibung wird nachfolgend gegeben.

**[0027]** Beim Schweißen unter Verwendung einer nichtabschmelzenden Elektrode 4 und eines Schutzgases wie oben beschrieben, beispielsweise beim WIG-Schweißen, wird durch das umgebende Schutzgas ein Plasmastrom als der Lichtbogen A in der Richtung entlang der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 erzeugt. Dieser Plasmastrom wird auf das Schweißobjekt 5 gespritzt. Der Plasmastrom kollidiert mit dem Schweißobjekt 5 und die Bewegungsrichtung des Plasmastroms ändert sich in eine Richtung, die entlang der Fläche des Schweißobjekts 5 verläuft (Ebenenrichtung). Zu diesem Zeitpunkt wirkt eine Kraft (Lichtbogenkraft) auf das Schweißobjekt 5 entlang der anfänglichen Bewegungsrichtung des Plasmastroms ein, wenn die Bewegungsrichtung des Plasmastroms geändert wird.

**[0028]** Es ist bekannt, dass die Lichtbogenkraft mit einer Erhöhung des Schweißstroms, der der nichtabschmelzenden Elektrode 4 zugeführt wird, zunimmt. Um die Schweißgeschwindigkeit zu erhöhen, ist es notwendig, die Wärmezufuhr durch den Lichtbogen A zu erhöhen, um die Schweißwärmezufuhr pro Längeneinheit, die auf das Schweißobjekt 5 angewendet wird, beizubehalten. Mit anderen Worten ist es notwendig, den oben beschriebenen Schweißstrom zu erhöhen. In diesem Fall erhöht sich auch die Lichtbogenkraft zusammen mit einer Erhöhung des Schweißstroms. Mit zunehmender Lichtbogenkraft erhöht sich die Kraft, mit der das Schmelzbad P in Dickenrichtung (Plattendickenrichtung) des Schweißobjekts 5 nach unten gedrückt wird. Infolgedessen ist es wahrscheinlicher, dass ein Defekt auftritt, bei dem das Schmelzbad P nach unten fällt (Durchbrenndefekt). Zudem tritt ein solcher Durchbrenndefekt tendenziell leichter auf, wenn das Schweißobjekt 5 eine geringere Dicke (Plattendicke) aufweist.

**[0029]** Bei dem Schweißverfahren gemäß der Ausführungsform 1 sind der Schweißbrenner 2 und die nichtabschmelzende Elektrode 4 in einer Richtung geneigt, die der Schweißfortschrittsrichtung entgegengesetzt ist. Der Neigungswinkel  $\theta$ , der der Winkel zwischen der Mittelachse 4a der nichtabschmelzen-

den Elektrode 4 und der Normalen 5c zum Schweißobjekt 5 ist, wird auf einen Wert zwischen  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  eingestellt. Dadurch kann die Lichtbogenkraft verringert werden, die in der Richtung einwirkt, in der das Schmelzbad P in Richtung der Plattendicke nach unten gedrückt wird.

**[0030]** Beispielsweise wird gemäß dem später beschriebenen Experiment bei einer Erhöhung des Neigungswinkels  $\theta$  von  $0^\circ$  auf  $40^\circ$  bei einem Schweißstromwert von 100 A die nach unten in Richtung der Plattendicke einwirkende Lichtbogenkraft um die Hälfte reduziert. Zudem erhöht sich die in Richtung der Plattendicke nach unten einwirkende Lichtbogenkraft um etwa das 2,2-Fache, wenn der Wert des Schweißstroms von 100 A auf 200 A erhöht wird und der Neigungswinkel  $\theta$   $0^\circ$  beträgt. Wenn der Neigungswinkel  $\theta$  jedoch auf  $40^\circ$  oder mehr eingestellt wird, kann die Lichtbogenkraft bei einem Schweißstrom von 200 A auf einen Wert reduziert werden, der gleich oder kleiner ist als die Lichtbogenkraft bei einem Neigungswinkel  $\theta$  von  $0^\circ$  und einem Wert des Schweißstroms 100 A beträgt. Wenn der Neigungswinkel  $\theta$   $80^\circ$  oder mehr beträgt, wird der Lichtbogen A, der zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und dem Schweißobjekt 5 erzeugt wird, instabil und die Schweißqualität kann sich verschlechtern oder das Schweißen kann fehlschlagen. Angesichts der obigen Ausführungen kann durch Einstellen des Neigungswinkels  $\theta$  auf  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  die Lichtbogenkraft unterdrückt werden, die in der Richtung (nach unten) einwirkt, in der das Schmelzbad P während des Schweißens nach unten gedrückt wird. Dadurch kann der Schweißstrom erhöht werden, ohne dass es zu einem Durchbrennfehler kommt, was zu einer höheren Schweißgeschwindigkeit führt.

**[0031]** Wenn der Neigungswinkel  $\theta$  erhöht wird, wird die in Abwärtsrichtung einwirkende Lichtbogenkraft reduziert, während der Lichtbogen A leichter instabil wird. Daher ist es unter Berücksichtigung einer Verringerung der Lichtbogenkraft in Abwärtsrichtung und der Stabilität des Lichtbogens A vorzuziehen, den Neigungswinkel  $\theta$  auf  $45^\circ$  oder mehr und  $75^\circ$  oder weniger einzustellen.

**[0032]** Das Schweißverfahren gemäß Ausführungsform 1 kann einen Abmessungsspielraum für den Spalt (Schweißspalt) vergrößern, der gebildet ist, wenn das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b aneinanderstoßen, wenn dünne Plattenmaterialien mit einer Dicke von beispielsweise 0,1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger als erstes Schweißobjekt 5a und zweites Schweißobjekt 5b zusammengeschweißt werden.

**[0033]** Wenn dünne Plattenmaterialien zusammengeschweißt werden, reicht das Material zum Füllen des Schweißspalts nicht aus, wenn der Schweißspalt

groß ist. Daher besteht die Befürchtung, dass die geschmolzenen Metalle des ersten Schweißobjekts 5a und des zweiten Schweißobjekts 5b, die geschmolzen sind, nicht miteinander verbunden werden können oder dass selbst wenn geschmolzene Metalle verbunden werden, um ein Schmelzbad P zu bilden, aufgrund der Lichtbogenkraft ein Durchbrennfehler auftreten kann. So beträgt beispielsweise bei der Stoßverbindung beim WIG-Schweißen, bei dem kein Schweißdraht verwendet wird, der maximal zulässige Schweißspalt etwa 20% der Plattendicke des Schweißobjekts 5. Infolgedessen wird angenommen, dass der Schweißspalt in dem Fall, in dem das Schweißobjekt 5 eine Plattendicke von 2 mm oder weniger aufweist, 0,4 mm oder weniger beträgt.

**[0034]** Zudem muss bei der tatsächlichen Herstellung von Produkten durch Schweißen eine thermische Verformung des Schweißobjekts 5 aufgrund des Schweißens berücksichtigt werden. Dies erschwert die Beseitigung des Schweißspalts. Daher ist ein Schweißverfahren mit einem großen Abmessungsspielraum für den Schweißspalt wünschenswert.

**[0035]** Bei dem Schweißverfahren gemäß Ausführungsform 1 ist der Schweißbrenner 2 zu der Richtung hin geneigt, die der Schweißfortschrittsrichtung entgegengesetzt ist, und der Neigungswinkel  $\theta$  ist innerhalb des Bereichs von  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  eingestellt, wie in **Fig. 2** gezeigt. Dies führt dazu, dass sich der erzeugte Lichtbogen A zu dem Bereich vor dem Schmelzbad P in Schweißfortschrittsrichtung hin ausbreitet. Dadurch wird der Bereich vor dem Schmelzbad P vorerwärmt. Wenn der vordere Bereich vorerwärmt ist, führt ein Temperaturanstieg des Schweißobjekts 5 im vorderen Bereich dazu, dass sich die Schweißobjekte 5 (erstes Schweißobjekt 5a und zweites Schweißobjekt 5b) thermisch in eine solche Richtung ausdehnen, dass der Schweißspalt verringert werden kann. Infolgedessen kann das Auftreten eines Problems, wie beispielsweise das Nichtverbinden der Schweißobjekte 5 oder das Auftreten eines Durchbrennfehlers, unterdrückt werden. Dies führt zu einem größeren Abmessungsspielraum für den Schweißspalt.

**[0036]** Die Schweißvorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst eine nichtabschmelzende Elektrode 4, eine Stromversorgung 6 und eine Steuereinheit 7. Die nichtabschmelzende Elektrode 4 weist eine Mittelachse 4a auf. Die Stromquelle 6 versorgt die nichtabschmelzende Elektrode 4 mit elektrischer Energie. Die Steuereinheit 7 steuert die Orientierung der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5. In diesem Fall kann das oben beschriebene Schweißverfahren leicht unter Verwendung der Schweißvorrichtung 1 durchgeführt werden.

**[0037]** Wenn der Neigungswinkel  $\theta$ , der der Winkel zwischen der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und der Normalen 5c des Schweißobjekts 5 ist, erhöht wird, nimmt die Tiefe des durch den Lichtbogen A gebildeten Schmelzbads P ab. Daher ist es bei der Schweißvorrichtung 1 gemäß Ausführungsform 1 vorzuziehen, dass die Dicke des Schweißobjekts 5 2 mm oder weniger beträgt. Obwohl es möglich ist, ein Schweißobjekt 5 mit einer Dicke von mehr als 2 mm zu verwenden, kann die Tiefe des Schmelzbades P abnehmen, was es erschwert, das Schweißobjekt 5 in der gesamten Plattendickenrichtung des Schweißobjekts 5 vollständig zu schmelzen.

Ausführungsform 2

<Schweißverfahren>

**[0038]** Wie in den **Fig. 4** und **5** gezeigt, weist ein Schweißverfahren gemäß Ausführungsform 2 im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie das in den **Fig. 2** und **3** gezeigte Schweißverfahren, unterscheidet sich jedoch von dem in den **Fig. 2** und **3** gezeigten Schweißverfahren in der Form des Schweißobjekts 5. Mit anderen Worten werden bei dem in den **Fig. 4** und **5** gezeigten Schweißverfahren die Enden des ersten Schweißobjekts 5a und des zweiten Schweißobjekts 5b wie in **Fig. 5** gezeigt gebogen. **Fig. 5** zeigt die Enden des ersten Schweißobjekts 5a und des zweiten Schweißobjekts 5b, betrachtet aus der in **Fig. 4** durch den Pfeil 10 angegebenen Richtung. Das erste Ende 5aa des ersten Schweißobjekts 5a umfasst einen gebogenen Abschnitt 5aa1 und einen sich erstreckenden Abschnitt 5aa2. Der gebogene Abschnitt 5aa1 ist so gebogen, dass er im Querschnitt senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schweißbrenners 2 eine L-Form bildet. Der sich erstreckende Abschnitt 5aa2 erstreckt sich vom gebogenen Abschnitt 5aa1 in eine Richtung entlang der Normalen 5c (siehe **Fig. 4**). Das zweite Ende 5ba des zweiten Schweißobjekts 5b umfasst einen gebogenen Abschnitt 5ba1 und einen sich erstreckenden Abschnitt 5ba2. Der gebogene Abschnitt 5ba1 ist so gebogen, dass er im obigen Querschnitt eine L-Form bildet. Der sich erstreckende Abschnitt 5ba2 erstreckt sich vom gebogenen Abschnitt 5ba1 in Richtung der Normalen 5c (siehe **Fig. 4**). Der gebogene Abschnitt 5ba1 des zweiten Endes 5ba ist so angeordnet, dass er dem gebogenen Abschnitt 5aa1 des ersten Endes 5aa zugewandt ist. Der sich erstreckende Abschnitt 5ba2 des zweiten Endes 5ba ist so angeordnet, dass er dem sich erstreckenden Abschnitt 5aa2 des ersten Endes 5aa zugewandt ist. Somit wird der Abschnitt, bei dem das erste Schweißobjekt 5a und das zweite Schweißobjekt 5b aneinanderstoßen, zu einer Flanschstoßverbindung geformt. Das oben beschriebene Schweißverfahren kann unter Verwen-

derung einer Schweißvorrichtung 1 gemäß Ausführungsform 1 durchgeführt werden.

**[0039]** Wie in **Fig. 4** gezeigt, wird beim Schweißen des Schweißobjekts 5 der Lichtbogen A in Richtung des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2 des ersten Endes 5aa und des sich erstreckenden Abschnitts 5ba2 des zweiten Endes 5ba gebildet. Die sich erstreckenden Abschnitte 5aa2, 5ba2 werden durch den Lichtbogen A geschmolzen und fließen nach unten, wobei sie Teil des Schmelzbades P werden. Während sich der Schweißbrenner 2 zu den sich erstreckenden Abschnitten 5aa2, 5ba2 hin bewegt, schmelzen die sich erstreckenden Abschnitte 5aa2, 5ba2 nacheinander und bilden das Schmelzbad P.

**[0040]** Wie in **Fig. 6** gezeigt, muss nur eines von erstem Ende 5aa und zweitem Ende 5ba gebogen werden. In **Fig. 6** umfasst nur erstes Ende 5aa gebogenen Abschnitt 5aa1 und sich erstreckenden Abschnitt 5aa2. Zweites Ende 5aa ist nicht gebogen. Die Endfläche von zweitem Ende 5ba ist so angeordnet, dass sie dem gebogenen Abschnitt 5aa1 von erstem Ende 5aa zugewandt ist.

<Aktionen>

**[0041]** Bei dem oben beschriebenen Schweißverfahren kann an dem Abschnitt, bei dem das erste Ende 5aa und das zweite Ende 5ba aneinanderstoßen, eines von erstem Ende 5aa und zweitem Ende 5ba (in **Fig. 6** erstes Ende 5aa) einen gebogenen Abschnitt 5aa1 und einen sich erstreckenden Abschnitt 5aa2 aufweisen. Der gebogene Abschnitt 5aa1 kann so gebogen werden, dass er im Querschnitt senkrecht zur Bewegungsrichtung eine L-Form bildet. Der sich erstreckende Abschnitt 5aa2 kann sich vom gebogenen Abschnitt 5aa1 in der Richtung erstrecken, die entlang der Normalen 5c verläuft. Das andere von erstem Ende 5aa und zweitem Ende 5ba (zweites Ende 5ba in **Fig. 6**) kann so angeordnet werden, dass es dem gebogenen Abschnitt 5aa1 zugewandt ist.

**[0042]** Bei dem oben beschriebenen Schweißverfahren kann an dem Abschnitt, bei dem das erste Ende 5aa und das zweite Ende 5ba aneinanderstoßen, das andere von erstem Ende 5aa und zweitem Ende 5ba (zweites Ende 5ba in **Fig. 5**) einen gebogenen Abschnitt 5ba1 und einen sich erstreckenden Abschnitt 5ba2 aufweisen. Der gebogene Abschnitt 5ba1 kann so gebogen werden, dass er im obigen Querschnitt eine L-Form bildet. Der sich erstreckende Abschnitt 5ba2 kann sich von dem gebogenen Abschnitt 5ba1 in der Richtung erstrecken, die entlang der Normalen 5c verläuft. Der gebogene Abschnitt 5ba1 des zweiten Endes 5ba kann so angeordnet sein, dass er dem gebogenen Abschnitt 5aa1 des ersten Endes 5aa zugewandt ist. Der sich erstreckende Abschnitt 5ba2 des zweiten Endes 5ba

kann so angeordnet sein, dass er dem sich erstreckenden Abschnitt 5aa2 des ersten Endes 5aa zugewandt ist.

**[0043]** In diesem Fall können dieselben Wirkungen wie bei dem Schweißverfahren gemäß Ausführungsform 1 erzielt werden und der Abmessungsspielraum für den Schweißspalt kann weiter erhöht werden. Eine genauere Beschreibung wird nachfolgend gegeben.

**[0044]** Im Falle einer Verbindung mit einem ersten Ende 5aa oder einem zweiten Ende 5ba mit einem L-förmigen Querschnitt (Flanschstoßverbindung) wie bei der Ausführungsform 2 wird das erste Ende 5aa oder das zweite Ende 5ba mit dem L-förmigen Querschnitt thermisch verformt, während ein Lichtbogen A den Bereich vor dem Schmelzbad P vorerwärmt. Genauer gesagt wird das erste Ende 5aa oder das zweite Ende 5ba in der Richtung thermisch verformt, in der eine Restspannung, die bei der Verarbeitung des ersten Endes 5aa oder des zweiten Endes 5ba in die L-Form entsteht, freigesetzt wird. Dadurch wird das erste Ende 5aa oder das zweite Ende 5ba durch die thermische Verformung so verformt, dass die L-Form sanfter gebogen wird. Bei der Flanschstoßverbindung wird der Schweißspalt durch die Verformung in Richtung der sanfteren Biegung der L-Form kleiner. Durch Einstellen des Neigungswinkels  $\theta$ , der den Winkel zwischen der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 und der Richtung der Normalen 5c zum Schweißobjekt 5 darstellt, im Bereich von  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  liegt, und durch Bilden einer Flanschstoßverbindung mit einem L-förmigen ersten Ende 5aa und einem zweiten Ende 5ba kann der Abmessungsspielraum für den Schweißspalt im Vergleich zu dem Schweißverfahren gemäß der Ausführungsform 1 weiter vergrößert werden.

**[0045]** Der Winkel zwischen der Fläche des geschmolzenen Teils am sich erstreckenden Abschnitt 5aa2, 5ba2 im L-förmigen ersten Ende 5aa oder zweiten Ende 5ba während des Schweißens und der in **Fig. 4** gezeigten Normalen 5c kann etwa  $0^\circ$  betragen (der Zustand, in dem die Fläche des geschmolzenen Teils fast senkrecht vorsteht). Alternativ ist auch ein Fall denkbar, in dem dieser Winkel etwa  $80^\circ$  beträgt. Dieser Winkel variiert beispielsweise in Abhängigkeit von den Schweißbedingungen, wie dem Neigungswinkel  $\theta$ , der der Winkel zwischen der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und der Normalen 5c des Schweißobjekts 5 ist, dem Schweißstrom und der Schweißgeschwindigkeit. Es ist vorzuziehen, einen Zustand zu vermeiden, in dem dieser Winkel etwa  $0^\circ$  beträgt.

**[0046]** Das Schweißverfahren gemäß der Ausführungsform 2, wie oben beschrieben, kann den

Abmessungsspielraum für den Schweißspalt weiter vergrößern, verglichen mit dem Fall, in dem eine Stoßverbindung ohne L-förmiges erstes Ende 5aa oder zweites Ende 5ba verwendet wird. Zusätzlich kann die Schweißgeschwindigkeit weiter erhöht werden, verglichen mit dem Verfahren des Vergrößerns des Abmessungsspielraums für den Schweißspalt unter Verwendung eines Schweißstabs oder eines Schweißdrahts für die Stoßverbindung.

### Ausführungsform 3

#### <Konfiguration der Schweißvorrichtung>

**[0047]** Wie in **Fig. 7** gezeigt, weist die Schweißvorrichtung 1 gemäß Ausführungsform 3 im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie die in **Fig. 1** gezeigte Schweißvorrichtung 1, unterscheidet sich jedoch von der in **Fig. 1** gezeigten Schweißvorrichtung 1 dadurch, dass sie ferner eine Erfassungseinheit 9 umfasst. Die in **Fig. 7** gezeigte Schweißvorrichtung 1 umfasst eine mit der Steuereinheit 7 verbundene Erfassungseinheit 9. Die Erfassungseinheit 9 erfasst eine Verschiebung des Schweißobjekts 5.

**[0048]** Die Erfassungseinheit 9 kann beispielsweise ein Sensor 9a sein, der eine Verschiebung des Schweißobjekts 5 direkt misst. Beispielsweise kann der Sensor 9a ein Positionssensor wie ein Laserdistanzsensor, eine Bildgebungsvorrichtung, die Bilddaten erfasst, um eine Verschiebung des Schweißobjekts 5 auf der Grundlage der Bilddaten zu messen, oder dergleichen sein. Der Sensor 9a kann beispielsweise die Position der oberen Fläche des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 des ersten Endes 5aa oder des zweiten Endes 5ba erfassen, wie in **Fig. 8** gezeigt. In diesem Fall ist es vorzuziehen, dass der Sensor 9a so positioniert wird, dass er nicht durch den Lichtbogen A beeinträchtigt wird. Wie in **Fig. 8** gezeigt, breitet sich der Lichtbogen A in Schweißfortschrittsrichtung (die Richtung von der nichtabschmelzenden Elektrode 4 zu den sich erstreckenden Abschnitten 5aa2, 5ba2 in **Fig. 8**) aus. Wenn also eine Verschiebung des Schweißobjekts 5 in der Nähe der Schweißverbindung gemessen wird, muss der Einfluss des Lichtbogens A berücksichtigt werden. Beispielsweise kann ein Filter, der das Licht des Lichtbogens A blockiert, in den Sensor 9a eingebaut werden.

**[0049]** Die Erfassungseinheit 9 kann ein Spannungssensor 9b sein, der eine Lichtbogenspannung misst, die den Zustand des Lichtbogens A angibt. Wenn das Schweißobjekt 5 verschoben wird, ändert sich der Abstand zwischen diesem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4, und folglich ändert sich die Lichtbogenspannung. Somit kann eine Verschiebung des Schweißobjekts 5 indirekt durch die Lichtbogenspannung gemessen werden.

**[0050]** Die Steuereinheit 7 steuert die Antriebseinheit 8 entsprechend der von der Erfassungseinheit 9 erfassten Verschiebung des Schweißobjekts 5. Infolgedessen kann die Antriebseinheit 8 die Position des Schweißbrenners 2 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 ändern. Somit kann die Position des Schweißbrenners 2, d. h. die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4, eingestellt werden.

#### <Schweißverfahren>

**[0051]** Ein Schweißverfahren unter Verwendung der in **Fig. 7** gezeigten Schweißvorrichtung 1 weist im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie das in **Fig. 4** gezeigte Schweißverfahren, unterscheidet sich jedoch von dem in **Fig. 4** gezeigten Schweißverfahren durch das Verfahren zum Steuern einer Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 im Schweißschritt (S2). Mit anderen Worten wird bei dem in **Fig. 8** gezeigten Schweißverfahren die Position des Schweißbrenners 2 so gesteuert, dass ein Abstand H1 vom gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Richtung der Normalen 5c größer oder gleich dem Abstand H2 vom gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 zur oberen Fläche des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 während des Schweißens ist. Mit anderen Worten wird die Position des Schweißbrenners 2 so eingestellt, dass ein Abstand h von der oberen Fläche des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4 in der Richtung entlang der Normalen 5c größer oder gleich Null ist, vorzugsweise größer als Null.

**[0052]** Die Position des Schweißbrenners 2 wird von der Antriebseinheit 8 auf der Grundlage eines Signals von der Steuereinheit 7 gesteuert. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Verschiebung des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 von der Erfassungseinheit 9 erfasst. Ein Signal, das die Verschiebung des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 angibt, wird von der Erfassungseinheit 9 an die Steuereinheit 7 übertragen. Auf der Grundlage des Signals passt die Steuereinheit 7 den Abstand H1 zwischen dem gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 an, um den Zustand des Lichtbogens A in geeigneter Weise beizubehalten.

**[0053]** Wie in **Fig. 7** gezeigt, ist die nichtabschmelzende Elektrode 4 so angeordnet, dass sie in Bezug auf die Normale 5c geneigt ist, und dementsprechend wird der Lichtbogen A von schräg oben auf den sich erstreckenden Abschnitt 5aa2, 5ba2 des Schweißobjekts 5 gespritzt. Der durch den Lichtbogen A geschmolzene Abschnitt des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 wird zu einem Teil des Schmelzbades P.

## &lt;Aktionen&gt;

**[0054]** Bei dem obigen Schweißverfahren kann in der Richtung der Normalen 5c der Abstand H1 vom gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4 größer oder gleich dem Abstand H2 vom gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 zur oberen Fläche des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 sein. In diesem Fall kann die nichtabschmelzende Elektrode 4 ausreichend weit vom Schweißobjekt 5 entfernt positioniert werden, wodurch die Lichtbogenkraft verringert wird, die in die Richtung einwirkt, in der das Schmelzbad P in Richtung der Plattendicke nach unten gedrückt wird.

**[0055]** Bei dem oben beschriebenen Schweißverfahren kann im Schweißschritt (S2) der Abstand H1 vom gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4 entsprechend der Verschiebung des sich erstreckenden Abschnitts 5aa2, 5ba2 eingestellt werden. In diesem Fall kann der Abstand zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und dem sich erstreckenden Abschnitt 5aa2, 5ba2 des Schweißobjekts 5 innerhalb eines geeigneten Bereichs gehalten werden, selbst wenn der sich erstreckende Abschnitt 5aa2, 5ba2 aufgrund der thermischen Verformung des Schweißobjekts 5 im Schweißschritt (S2) verschoben wird. Dies kann zu einer stabilisierten Schweißqualität im Schweißschritt (S2) führen.

**[0056]** Die oben beschriebene Schweißvorrichtung 1 kann eine Erfassungseinheit 9 umfassen, die eine Verschiebung des Schweißobjekts 5 erfasst. Die Steuereinheit 7 kann die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 entsprechend der von der Erfassungseinheit 9 erfassten Verschiebung des Schweißobjekts 5 steuern. Dadurch kann die Schweißqualität unter Verwendung der oben beschriebenen Schweißvorrichtung 1 stabilisiert werden, selbst wenn das Schweißobjekt 5 während des Schweißens thermisch verformt wird.

## Ausführungsform 4

## &lt;Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers&gt;

**[0057]** Nachfolgend wird ein Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Wie in **Fig. 9** gezeigt, wird bei dem Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers gemäß der vorliegenden Ausführungsform zunächst ein Schritt (S10) zum Vorbereiten von Teilen eines Dosenkörpers durchgeführt. Der Schritt (S10) entspricht dem in **Fig. 3** gezeigten Vorbereitungsschritt (S1). In dem obigen Schritt (S10) werden ein Körperabschnitt 21 und ein Endplattenabschnitt 22, die einen Dosenkörper 20 bilden, wie in **Fig. 10** gezeigt vorbereitet. Der Dosenkörper 20 ist beispielsweise ein Warmwasserspeicher aus Metall in

einem Speicherwassererhitzer. Der Körperabschnitt 21 weist eine zylindrische Form auf. Der Körperabschnitt 21 entspricht dem ersten Schweißobjekt 5a. Der Endplattenabschnitt 22 weist eine Becherform mit einem U-förmigen oder halbkreisförmigen Querschnitt auf. Der Endplattenabschnitt 22 entspricht dem zweiten Schweißobjekt 5b. Ein ringförmiges Ende 21a in der Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts 21 entspricht dem ersten Ende 5aa in den **Fig. 4** und **5**. Ein äußerer Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22 entspricht dem zweiten Ende 5ba in den **Fig. 4** und **5**. Das Ende 21a des Körperabschnitts 21 und der äußere Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22 weisen gebogene Abschnitte und sich erstreckende Abschnitte auf, die in den **Fig. 4** und **5** gezeigt sind.

**[0058]** Als Nächstes wird ein Schweißschritt (S20) durchgeführt. Der Schritt (S20) entspricht dem in **Fig. 3** gezeigten Schweißschritt (S2). In dem obigen Schritt (S20) werden der Körperabschnitt 21 und der Endplattenabschnitt 22 so angeordnet, dass ein Abschnitt gebildet wird, bei dem das Ende 21a des Körperabschnitts 21 und der äußere Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22 aneinanderstoßen, wie in **Fig. 10** gezeigt. Der Abschnitt, bei dem das Ende 21a und der äußere Umfangsabschnitt 22a aneinanderstoßen, ist eine Flanschstoßverbindung. Ein gebogener Abschnitt und ein vorstehender Abschnitt müssen nicht in dem Ende 21a und dem äußeren Umfangsabschnitt 22a ausgebildet sein, und der obige Abschnitt kann eine einfache Stoßverbindung sein.

**[0059]** Der Körperabschnitt 21 und der Endplattenabschnitt 22 sind so angeordnet, dass eine Drehmittelachse 21b (siehe **Fig. 11**) des Körperabschnitts 21 horizontal verläuft. Zwei Endplattenabschnitte 22 sind so angeordnet, dass der Körperabschnitt 21 dazwischen liegt. Eine Spannvorrichtung 25 ist am Endplattenabschnitt 22 angebracht. Auf den Endplattenabschnitt 22 wird durch die Spannvorrichtung 25 eine Spannung in der durch den Pfeil in **Fig. 10** angegebenen Richtung ausgeübt. In diesem Zustand ist der Schweißbrenner 2 so angeordnet, dass er dem Abschnitt zugewandt ist, bei dem das Ende 21a des Körperabschnitts 21 und der äußere Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22 aneinanderstoßen.

**[0060]** Wie in den **Fig. 10** und **11** gezeigt, ist der Schweißbrenner 2 einschließlich der nichtabschmelzenden Elektrode 4 fixiert. In diesem Zustand wird der obige Abschnitt (der zu schweißende Abschnitt, bei dem das Ende 21a und der äußere Umfangsabschnitt 22a aneinanderstoßen) geschweißt, während der Körperabschnitt 21 und der Endplattenabschnitt 22 in der durch den Pfeil in **Fig. 11** angegebenen Richtung um die Drehmittelachse 21b gedreht werden, die sich entlang der

Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts 21 erstreckt. Zu diesem Zeitpunkt wird eine gerade Linie 20a betrachtet, die senkrecht zur Drehmittelachse 21b steht und die Drehmittelachse 21b mit der Spitze der nichtabschmelzenden Elektrode 4 verbindet. Die gerade Linie 20a entspricht der in **Fig. 4** gezeigten Normalen 5c. In der Richtung (die durch den Pfeil in **Fig. 11** angegeben wird), die der Bewegungsrichtung der nichtabschmelzenden Elektrode 4 entgegengesetzt ist, ist die Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf die gerade Linie 20a geneigt. Der Neigungswinkel  $\theta$  der Mittelachse 4a in Bezug auf die gerade Linie 20a, die der Normalen 5c entspricht, beträgt  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$ . Somit kann die gekrümmte Verbindung zwischen dem Körperabschnitt 21 und dem Endplattenabschnitt 22 (der Abschnitt, bei dem das Ende 21a des Körperabschnitts 21 und der äußere Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22 aneinanderstoßen) sicher verschweißt werden. Infolgedessen kann ein Dosenkörper 20 mit dem Körperabschnitt 21 und dem Endplattenabschnitt 22, die miteinander verbunden sind, erhalten werden.

**[0061]** In dem obigen Schritt (S20) kann die Position des Schweißbrenners 2 wie in **Fig. 12** gezeigt bestimmt werden. Mit anderen Worten sei ein Liniensegment 20b zu berücksichtigen, das die Drehmittelachse 21b mit einem obersten Scheitelpunkt 21c des Körperabschnitts 21 verbindet, und zwar aus einer Richtung, die entlang der Drehmittelachse 21b des Körperabschnitts 21 verläuft. Die nichtabschmelzende Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 ist an einer Position angeordnet, die sich an der äußeren Umfangsseite des Körperabschnitts 21 und des Endplattenabschnitts 22 befindet und das Liniensegment 20b überlappt, oder sie ist in einem Bereich vor dem Liniensegment 20b in der Drehrichtung des Körperabschnitts 21 und des Endplattenabschnitts 22 angeordnet. Aus einer anderen Perspektive ist die nichtabschmelzende Elektrode 4 in dem Bereich vor dem obersten Scheitelpunkt 21c des Körperabschnitts 21 in der Drehrichtung des Körperabschnitts 21 und des Endplattenabschnitts 22 (die durch den Pfeil in **Fig. 12** angegebene Richtung) angeordnet.

**[0062]** In dem obigen Schritt (S20) wird das bei der Ausführungsform 2 beschriebene Schweißverfahren wie oben beschrieben angewendet, aber das bei der Ausführungsform 1 oder Ausführungsform 3 beschriebene Schweißverfahren kann auch angewendet werden.

<Aktionen>

**[0063]** Das Verfahren zum Herstellen des Dosenkörpers 20 gemäß der vorliegenden Offenbarung ist ein Verfahren zum Herstellen des Dosenkörpers 20 unter Verwendung des oben beschriebenen Schweißverfahrens. In dem obigen Vorbereitungs-

schritt (S1) wird der zylindrische Körperabschnitt 21, der den Dosenkörper 20 bildet, als erstes Schweißobjekt 5a vorbereitet. In dem Vorbereitungsschritt (S1) wird der Endplattenabschnitt 22 des Dosenkörpers 20 als zweites Schweißobjekt 5b vorbereitet. Das erste Ende 5aa ist ein ringförmiges Ende 21a in der Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts 21. Das zweite Ende 5ba ist der äußere Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22. Im Schweißschritt (S2) werden der Körperabschnitt 21 und der Endplattenabschnitt 22 so angeordnet, dass ein Abschnitt gebildet wird, bei dem das Ende 21a des Körperabschnitts 21 und der äußere Umfangsabschnitt 22a des Endplattenabschnitts 22 aneinanderstoßen. Bei fixierter nichtabschmelzender Elektrode 4 wird der Abschnitt geschweißt, während der Körperabschnitt 21 und der Endplattenabschnitt 22 um die Drehmittelachse 21b drehen, die sich in der Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts 21 erstreckt. Die Normale 5c ist die zur Drehmittelachse 21b senkrechte gerade Linie 20a, die die Drehmittelachse 21b mit der Spitze der nichtabschmelzenden Elektrode 4 verbindet.

**[0064]** Somit kann die Verbindung zwischen dem Körperabschnitt 21 und dem Endplattenabschnitt 22 als eine hochwertige Schweißverbindung gebildet.

**[0065]** Bei dem obigen Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers können der Körperabschnitt 21 und der Endplattenabschnitt 22 im Schweißschritt (S2) so angeordnet werden, dass die Drehmittelachse 21b horizontal verläuft. Von der Richtung aus betrachtet, die entlang der Drehmittelachse 21b verläuft, kann die nichtabschmelzende Elektrode 4 in dem Bereich vor dem obersten Scheitelpunkt 21c des Körperabschnitts 21 in der Drehrichtung des Körperabschnitts 21 und des Endplattenabschnitts 22 angeordnet sein.

**[0066]** In diesem Fall wird eine Flüssigkeit in dem durch Schweißen gebildeten Schmelzbad P (siehe **Fig. 4**) stabilisiert. Infolgedessen kann eine gleichmäßige Schweißwulst erhalten werden.

Ausführungsform 5

<Konfiguration der Schweißvorrichtung>

**[0067]** Wie in **Fig. 13** gezeigt, weist die Schweißvorrichtung 1 gemäß Ausführungsform 5 im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie die in **Fig. 1** gezeigte Schweißvorrichtung 1, unterscheidet sich jedoch von der in **Fig. 1** gezeigten Schweißvorrichtung 1 dadurch, dass eine Linearführung 30 und eine Führungseinheit 31 in der Konfiguration der Antriebseinheit 8 umfasst sind. **Fig. 16** zeigt die Struktur des Schweißbrenners 2 und der Umgebung in der Schweißvorrichtung 1. In der in **Fig. 13** gezeigten

Schweißvorrichtung 1 ist die Führungseinheit 31 so angeordnet, dass sie mit dem Schweißobjekt 5 in Kontakt steht. Der Schweißbrenner 2 ist mit der Linearführung 30 verbunden. Die Linearführung 30 ist mit der Führungseinheit 31 verbunden. Die Linearführung 30 passt die Position des Schweißbrenners 2 durch Bewegung während des Schweißens an. Wie später noch genauer beschrieben wird, erfasst die Führungseinheit 31 eine Verschiebung des Schweißobjekts 5, und die Linearführung 30 bewegt sich entsprechend der Verschiebung. Wenn sich die Linearführung 30 bewegt, wird auch der mit der Linearführung 30 verbundene Schweißbrenner 2 verschoben. Eine spezifische Beschreibung wird im Folgenden gegeben.

**[0068]** Die Linearführung 30 umfasst eine Linearführungsschiene 30a und einen Linearführungsblock 30b. Eine Brennerhalterung 32 ist mit dem Linearführungsblock 30b verbunden, beispielsweise über eine flache Platte 33. Der Schweißbrenner 2 ist mit der Brennerhalterung 32 verbunden. Die Linearführungsschiene 30a ist mit der Antriebseinheit 8 verbunden (siehe **Fig. 1**).

**[0069]** Die Führungseinheit 31 umfasst eine Führungsrolle 31a und eine Halterung 31b. Die Halterung 31b kann ein Element mit einem L-förmigen Querschnitt sein, wie in **Fig. 13** gezeigt, es kann jedoch auch ein Element mit einer beliebigen anderen Form verwendet werden. Die Führungseinheit 31 ist mit der flachen Platte 33 verbunden, die mit dem Linearführungsblock 30b verbunden ist. Mit anderen Worten sind die Führungseinheit 31 und der Schweißbrenner 2 über dieselbe flache Platte 33 mit dem Linearführungsblock 30b verbunden. Die Halterung 31b ist in der Konfiguration der Führungseinheit 31 in **Fig. 13** umfasst, aber in einigen Fällen kann die Führungsrolle 31a direkt mit der flachen Platte 33 verbunden sein. In diesem Fall besteht die Führungseinheit 31 nur aus der Führungsrolle 31a. Die Führungsrolle 31a kann beispielsweise eine Kugelrolle mit einer an ihrer Spitze angebrachten drehbaren Kugel sein. Die Führungsrolle 31a ist so angeordnet, dass sie das Schweißobjekt 5 berührt. Daher kann jede andere Komponente, nicht beschränkt auf die Kugelrolle, verwendet werden, solange sie während des Schweißens zwischen einem Schweißobjekt und sich selbst gleiten kann.

#### <Schweißverfahren>

**[0070]** Ein Schweißverfahren unter Verwendung der in **Fig. 13** gezeigten Schweißvorrichtung 1 weist im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie das in **Fig. 4** oder **8** gezeigte Schweißverfahren, unterscheidet sich jedoch von dem in **Fig. 4** oder **8** gezeigten Schweißverfahren durch das Verfahren zur Steuerung der Position der nichtabschmelzenden Elekt-

rode 4 des Schweißbrenners 2 im Schweißschritt (S2). Mit anderen Worten: Bei dem Schweißverfahren unter Verwendung der in **Fig. 13** gezeigten Schweißvorrichtung ist die Führungseinheit 31 so angeordnet, dass sie während des Schweißens mit dem Schweißobjekt 5 in Kontakt kommt. Somit wird die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 gesteuert, indem die Linearführung 30 entsprechend der Verschiebung des Schweißobjekts 5 verschoben wird. Insbesondere wird in der Richtung der Normalen 5c (siehe **Fig. 8**) der Abstand H1 vom gebogenen Abschnitt des Schweißobjekts 5 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4 (oder der Abstand h von der oberen Fläche des vorstehenden Abschnitts des Schweißobjekts 5 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4) eingestellt.

**[0071]** Bei dem oben beschriebenen Schweißverfahren sind Führungseinheit 31 und Schweißbrenner 2 integral konfiguriert und mit der Linearführung 30 verbunden. Aus einer anderen Perspektive sind Führungseinheit 31 und Schweißbrenner 2 mit der Linearführung 30 verbunden, wobei die relative Positionsbeziehung zwischen Führungseinheit 31 und Schweißbrenner 2 festgelegt ist. Die Führungseinheit 31 und die Linearführung 30 steuern die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2. Bei dem in **Fig. 7** gezeigten Verfahren zur Steuerung der Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 unter Verwendung der Erfassungseinheit 9 besteht die Befürchtung, dass zwischen der Erfassung einer Verschiebung des Schweißobjekts 5 durch die Erfassungseinheit 9 und der Steuerung der Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 durch die Steuerungseinheit 7 eine gewisse Zeitverzögerung auftritt. Wenn die Schweißgeschwindigkeit erhöht wird, kann es daher zu einem Problem kommen, da die Zeitverzögerung die Anpassung der Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 relativ zur Verschiebung des Schweißobjekts 5 verzögert. Im Gegensatz dazu berührt bei dem Schweißverfahren, bei dem die Schweißvorrichtung 1 gemäß der Ausführungsform 5 verwendet wird, die Führungseinheit 31 das Schweißobjekt 5, und eine Verschiebung des Objekts 5 kann direkt von der Führungseinheit 31 erfasst werden. Da die Führungseinheit 31 und der Schweißbrenner 2 durch die Linearführung 30 integral bewegt werden können, kann ferner die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 direkt entsprechend der Verschiebung des Schweißobjekts 5 eingestellt werden. Mit anderen Worten kann der Einfluss der Schweißgeschwindigkeit bei der Einstellung der Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 unterdrückt werden, da die nichtabschmelzende Elektrode 4 und die Führungseinheit 31 mechanisch verbunden sind. Dies kann zu einer stabileren Schweißqualität im Schweißschritt (S2) führen.

## &lt;Aktionen&gt;

**[0072]** Die Schweißvorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst die Führungseinheit 31 und die Linearführung 30, die als Einstelleinheit dient. Die Führungseinheit 31 berührt das Schweißobjekt 5. Die als Einstelleinheit dienende Linearführung 30 ist mit der Führungseinheit 31 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 verbunden. Die als Einstelleinheit dienende Linearführung 30 stellt die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4 entsprechend der über die Führungseinheit 31 erfassten Verschiebung des Schweißobjekts 5 ein. In diesem Fall kann die Schweißqualität stabilisiert werden.

## Ausführungsform 6

## &lt;Konfiguration der Schweißvorrichtung&gt;

**[0073]** Wie in **Fig. 14** gezeigt, weist die Schweißvorrichtung 1 gemäß der Ausführungsform 6 im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie die in **Fig. 13** gezeigte Schweißvorrichtung 1, unterscheidet sich jedoch von der in **Fig. 13** gezeigten Schweißvorrichtung 1 dadurch, dass sie ferner einen beweglichen Tisch 34 in der Konfiguration der Antriebseinheit 8 umfasst. Der bewegliche Tisch 34 ist zwischen der Linearführung 30 und dem Schweißbrenner 2 angebracht. Genauer gesagt ist der bewegliche Tisch 34 so angeordnet, dass er die mit der Linearführung 30 verbundene Platte 33 mit einer Platte 35 verbindet. Der bewegliche Tisch 34 kann die Position der Platte 35 relativ zur Platte 33 verändern. Die Brennerhalterung 32 ist an der Platte 35 befestigt. Der Schweißbrenner 2 ist mit der Brennerhalterung 32 verbunden. Der Abstand zwischen der Spitze der Führungsrolle 31a und der Spitze der nichtabschmelzenden Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 wird durch Bewegen des Tisches 34 eingestellt. Mit anderen Worten kann der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 (oder der Abstand  $H1$  vom gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 des Schweißobjekts 5 zur nichtabschmelzenden Elektrode 4) durch Bewegen des Tisches 34 eingestellt werden. Aus einer anderen Perspektive kann die relative Position zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und der Kontaktposition zwischen der Führungseinheit 31 und dem Schweißobjekt 5 durch Bewegen des Tisches 34 verändert werden. Obwohl der bewegliche Tisch 34 in **Fig. 14** zwischen der Linearführung 30 und dem Schweißbrenner 2 vorgesehen ist, kann der bewegliche Tisch 34 an jeder anderen Position angeordnet werden, wenn der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 eingestellt werden kann. Beispielsweise kann der bewegliche Tisch 34 so angeordnet werden, dass er die Linearführung 30 mit der Führungseinheit 31 verbindet, und die Position der Führungseinheit 31 relativ zur

Linearführung 30 kann durch Bewegen des Tisches 34 eingestellt werden.

**[0074]** **Fig. 15** ist eine schematische Ansicht, die eine Konfiguration einer Modifikation der Schweißvorrichtung 1 gemäß der Ausführungsform 6 zeigt. Wie in **Fig. 15** gezeigt, weist die Modifikation der Schweißvorrichtung 1 gemäß Ausführungsform 6 im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie die in **Fig. 13** gezeigte Schweißvorrichtung 1, unterscheidet sich jedoch von der in **Fig. 13** gezeigten Schweißvorrichtung 1 dadurch, dass ein Luftzylinder 36 zusätzlich in der Konfiguration der Antriebseinheit 8 umfasst ist.

**[0075]** Der Luftzylinder 36 ist so angeordnet, dass er die Linearführung 30 mit der Führungseinheit 31 verbindet. Insbesondere verbindet der Luftzylinder 36 die mit der Linearführung 30 verbundene Platte 33 mit der Führungsrolle 31a der Führungseinheit 31. Der Luftzylinder 36 stellt eine Länge  $X$  ein, um die die Führungsrolle 31a von dem unteren Ende der Platte 33 vorsteht. Mit anderen Worten kann der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 durch den Luftzylinder 36 eingestellt werden. Aus einer anderen Perspektive kann die relative Position zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und der Kontaktposition zwischen der Führungseinheit 31 und dem Schweißobjekt 5 durch den Luftzylinder 36 geändert werden. Obwohl der Luftzylinder 36 in **Fig. 15** zwischen der Linearführung 30 und der Führungseinheit 31 vorgesehen ist, kann der Luftzylinder 36 an jeder anderen Position angeordnet werden, wenn der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 eingestellt werden kann. Beispielsweise kann der Luftzylinder 36 zwischen der Linearführung 30 und dem Schweißbrenner 2 vorgesehen werden, und die Position des Schweißbrenners 2 relativ zur Linearführung 30 kann durch den Luftzylinder 36 eingestellt werden.

**[0076]** In der in den **Fig. 14** und **15** gezeigten Schweißvorrichtung 1 sind der bewegliche Tisch 34 und der Luftzylinder 36 mit der Steuereinheit 7 verbunden (siehe **Fig. 1**). Die Steuereinheit 7 steuert den beweglichen Tisch 34 und den Luftzylinder 36. Somit kann die Position des Schweißbrenners 2 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 durch Bewegen des Tisches 34 und des Luftzylinders 36, die von der Steuereinheit 7 gesteuert werden, verändert werden. Dadurch kann die Position des Schweißbrenners 2, d. h. die Position der nichtabschmelzenden Elektrode 4, eingestellt werden.

## &lt;Schweißverfahren&gt;

**[0077]** Das in den **Fig. 14** und **15** gezeigte Schweißverfahren unter Verwendung der Schweißvorrichtung 1 weist im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf

und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie das in **Fig. 13** gezeigte Schweißverfahren unter Verwendung der Schweißvorrichtung 1, unterscheidet sich jedoch von dem in **Fig. 13** gezeigten Schweißverfahren dadurch, dass der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 während des Schweißens im Schweißschritt (S2) geändert werden kann. Bei dem in **Fig. 13** gezeigten Schweißverfahren mit der Schweißvorrichtung 1 wird der Abstand  $h$  zwischen Schweißobjekt 5 und nichtabschmelzender Elektrode 4, der im Schritt der Vorbereitung eines zu schweißenden Materials (S1) eingestellt wurde, entsprechend der Verschiebung des Schweißobjekts 5 im Schweißschritt (S2) konstant gehalten. Bei dem in den **Fig. 14** und **15** gezeigten Schweißverfahren kann der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 während des Schweißens durch die Steuereinheit 7 eingestellt werden, die den beweglichen Tisch 34 oder den Luftzylinder 36 auch im Schweißschritt (S2) steuert.

**[0078]** In diesem Fall, beispielsweise auch wenn sich ein geeigneter Wert des Abstands  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 während des Schweißens aufgrund von Einschränkungen am Schweißobjekt 5 oder dergleichen ändert, kann der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 für jede Schweißstelle durch die Steuereinheit 7, die den beweglichen Tisch 34 oder den Luftzylinder 36 steuert, eingestellt werden. Dies kann zu einer stabileren Schweißqualität im Schweißschritt (S2) führen.

**[0079]** Es wird ein Beispielfall beschrieben, bei dem sich ein geeigneter Wert des Abstands  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 während des Schweißens ändert. Zum Beispiel werden beim Schweißen eines Dosenkörpers 20, bei dem der Endplattenabschnitt 22 und der Körperabschnitt 21 wie in **Fig. 10** gezeigt zusammengeschweißt werden, die Enden des Endplattenabschnitts 22 und des Körperabschnitts 21 aus gebogenen Abschnitten 5aa1, 5ba1 bzw. aus sich erstreckenden Abschnitten 5aa2, 5ba2 gebildet, wie in den **Fig. 4** und **5** gezeigt. Beim Schweißen werden die Enden, die aus den gebogenen Abschnitten 5aa1, 5ba1 und den sich erstreckenden Abschnitten 5aa2, 5ba2 bestehen, zusammengeschweißt. Ausgehend davon, dass der gesamte Umfang des Endes geschweißt wird, sind die Startposition und die Endposition des Schweißens zu diesem Zeitpunkt gleich. Alternativ ist die Endposition die Position, an der die Schweißverbindung über die Startposition hinaus bis zu einer bestimmten Position überlappt wird. In einem solchen Fall ändert sich der entsprechende Wert des Abstands  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 an jeder der Startpositionen, dem stationären Abschnitt und der Endposition des Schweißens.

Der stationäre Abschnitt ist hier die Position zwischen der Position, an der das Schweißen beginnt, und der Position, an der das Schweißen endet. Zum Beispiel ändert sich an der Schweißstartposition die Form der Schweißverbindung an der Startposition, d. h. die Breite und Höhe der Schweißverbindung, in Abhängigkeit von dem Abstand  $h$ . An der Schweißendposition hat sich die Form der Schweißverbindung geändert, da die in den **Fig. 4** und **5** gezeigten gebogenen Abschnitte 5aa1, 5ba1 und sich erstreckenden Abschnitte 5aa2, 5ba2 bereits an der Schweißstartposition geschweißt wurden. Beim Schweißen eines Dosenkörpers, bei dem der Endplattenabschnitt 22 und der Körperabschnitt 21 miteinander verschweißt werden, sind die Startposition und die Endposition des Schweißens dieselben wie oben beschrieben, oder die Endposition ist die Position, an der die Schweißverbindung über die Startposition hinaus überlappt wird, und dementsprechend ist der Zustand, in dem die Form der Schweißverbindung an der Schweißstartposition und die Form der Schweißverbindung an der Schweißendposition extrem unterschiedlich sind, unerwünscht, da die Form der Schweißverbindung ungleichmäßig ist. Daher ist es vorzuziehen, den Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 für jede Position entsprechend anzupassen. Der geeignete Wert des Abstands  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 kann nicht eindeutig bestimmt werden, da er beispielsweise in Abhängigkeit von der für die Schweißverbindung erforderlichen Leistung variieren kann. In einem solchen Fall ist das in den **Fig. 14** und **15** gezeigte Schweißverfahren unter Verwendung der Schweißvorrichtung 1 wirksam.

**[0080]** Das folgende Verfahren kann beispielsweise als ein Verfahren zum Variieren des Abstands  $h$  an der Startposition, dem stationären Abschnitt und der Endposition des Schweißens verwendet werden. In Bezug auf den Winkel, der von der Mitte des Dosenkörpers aus betrachtet wird, wenn beim oben beschriebenen Schweißen eines Dosenkörpers eine Rundumschweißung durchgeführt wird, wird der Abstand  $h$  jeweils auf den Winkel entsprechend der Startposition, den Winkel entsprechend dem stationären Abschnitt und den Winkel entsprechend der Schweißendposition eingestellt. Der Abstand  $h$  kann durch die Steuereinheit 7, die den beweglichen Tisch 34 oder den Luftzylinder 36 steuert, eingestellt werden, wenn die Schweißverbindung einen vorbestimmten Winkel erreicht. Bei einem anderen Verfahren wird die für das Rundumschweißen erforderliche Zeit im Voraus berechnet und der Abstand  $h$  wird jeweils auf die Zeit entsprechend der Startposition, die Zeit entsprechend dem stationären Abschnitt und die Zeit entsprechend der Schweißendposition eingestellt. Wenn die vorbestimmte Zeit während des Schweißens erreicht wird, kann der Abstand  $h$

durch die Steuereinheit 7, die den beweglichen Tisch 34 oder den Luftzylinder 36 steuert, eingestellt werden. Obwohl der Winkel und die Zeit hier als Beispiele für Kriterien zur Einstellung des Abstands  $h$  beschrieben werden, ist die vorliegende Offenbarung nicht darauf beschränkt. Beispielsweise kann der Abstand  $h$  auf der Grundlage der zu schweißenden Länge eingestellt werden. Zudem ist das Beispiel der Einstellung des Abstands  $h$  in drei Teilen, d. h. der Startposition, dem stationären Abschnitt und der Endposition des Schweißens, zwar dargestellt, die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht darauf beschränkt. Der Abschnitt, in dem der Abstand  $h$  eingestellt wird, kann je nach Schweißobjekt 5 vergrößert oder verkleinert werden.

**[0081]** Die Schweißvorrichtung 1 kann ein beweglicher Tisch 34 zwischen der Linearführung 30 und dem Schweißbrenner 2, wie oben beschrieben, umfassen. Die Schweißvorrichtung 1 kann auch einen Luftzylinder 36 zwischen der Linearführung 30 und der Führungseinheit 31 enthalten. Die Steuereinheit 7 kann den Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4 durch Steuerung des beweglichen Tisches 34 und des Luftzylinders 36 steuern. Alternativ kann eine Konfiguration so gestaltet werden, dass die Länge  $X$  des Vorsprungs der Führungsrolle 31a der Führungseinheit 31 durch Schrauben eingestellt werden kann. Zudem kann die Antriebseinheit für die obige Schraube so vorgesehen sein, dass sie die Länge  $X$  automatisch einstellen kann. Die Steuereinheit 7 kann die Antriebseinheit steuern, um die Länge  $X$  des Vorsprungs der Führungsrolle 31a einzustellen. Die Schweißvorrichtung 1 kann eine Mehrzahl von Führungsrollen 31a umfassen, und die Länge  $X$  des Vorsprungs jeder Führungsrolle 31a kann im Voraus eingestellt werden, und die Steuereinheit 7 kann die Länge  $X$  der Führungsrolle 31a durch Umschalten zwischen den Führungsrollen 31a einstellen. Dadurch kann die Schweißqualität unter Verwendung der oben beschriebenen Schweißvorrichtung 1 stabilisiert werden, selbst wenn der geeignete Abstand  $h$  für jede Schweißstelle des Schweißobjekts 5 variiert.

<Aktionen>

**[0082]** Bei dem Schweißverfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung kann in dem Schweißschritt (S2) der Abstand  $H1$  von dem gebogenen Abschnitt 5aa1, 5ba1 zu der nichtabschmelzenden Elektrode 4 (d. h. der Abstand  $h$  zwischen dem Schweißobjekt 5 und der nichtabschmelzenden Elektrode 4) für jede unterschiedliche Position des Abschnitts, bei dem das erste Ende des ersten Schweißobjekts 5a und das zweite Ende des zweiten Schweißobjekts 5b aneinanderstoßen, geändert werden. In diesem Fall kann die Schweißqualität stabilisiert werden.

**[0083]** Die Schweißvorrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung umfasst einen beweglichen Tisch 34 oder einen Luftzylinder 36 als Positionseinstellmechanismus. Der Positionseinstellmechanismus (beweglicher Tisch 34 oder Luftzylinder 36) kann die relative Position zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und der Kontaktposition zwischen der Führungseinheit 31 und dem Schweißobjekt 5 verändern. Die Steuereinheit 7 ändert die relative Position zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode 4 und der Kontaktposition, indem sie den Positionseinstellmechanismus (beweglichen Tisch 34 oder Luftzylinder 36) steuert. In diesem Fall kann die Schweißqualität stabilisiert werden, selbst wenn ein optimaler Abstand  $H1$  (oder Abstand  $h$ ) für jeden zu schweißenden Abschnitt unterschiedlich ist.

Ausführungsform 7

<Schweißverfahren>

**[0084]** Ein Schweißverfahren gemäß der Ausführungsform 7 weist im Wesentlichen die gleiche Konfiguration auf und kann die gleichen Wirkungen erzielen wie das in den **Fig. 2** und **3** gezeigte Schweißverfahren, unterscheidet sich jedoch in der Funktionsweise der Steuereinheit 7 im Schweißschritt (S2). Mit anderen Worten: Bei dem Schweißverfahren gemäß Ausführungsform 7 steuert die Steuereinheit 7 (siehe **Fig. 1**) im Schweißschritt (S2), bei dem der Lichtbogen A (siehe **Fig. 2**) erzeugt wird, die Antriebseinheit 8 (siehe **Fig. 1**) entsprechend der Schweißstelle des Schweißobjekts 5 (siehe **Fig. 1**) und steuert die Orientierung der Rotationsmittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 (siehe **Fig. 16**) in Bezug auf das Schweißobjekt 5. Insbesondere steuert die Steuereinheit 7 die Antriebseinheit 8, um den Neigungswinkel  $\theta$  der Mittelachse 4a in Bezug auf die Normale 5c innerhalb des Bereichs von  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  einzustellen, wie in **Fig. 16** gezeigt, wobei der Lichtbogen A erzeugt wird. Zu diesem Zeitpunkt kann die Orientierung der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 so gesteuert werden, dass sich die Spitzenposition der nichtabschmelzenden Elektrode 4 ändert, vorzugsweise wird jedoch die Orientierung der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 so gesteuert, dass sich die Spitzenposition der nichtabschmelzenden Elektrode 4 nicht ändert.

**[0085]** Beispielsweise kann ein Roboterarm oder ein Drehtisch als Konfiguration der Antriebseinheit 8 zur Steuerung der Orientierung der nichtabschmelzenden Elektrode 4 wie oben beschrieben verwendet werden. Wie in **Fig. 16** gezeigt, kann die Brennerhalterung 32, die den Schweißbrenner 2 hält, auf einer kreisbogenähnlichen Bahn bewegt werden. Insbesondere ist die Brennerhalterung 32 in eine Nut eingepasst, um mit der Brennerhalterung 32 in

einer Platte mit der Nut eingepasst zu werden. Die Brennerhalterung 32 wird entlang der Nut bewegt. Es kann jedes Verfahren verwendet werden, um die Brennerhalterung 32 zu bewegen. Beispielsweise kann ein Teleskopzylinder mit der Brennerhalterung 32 verbunden werden, und die Brennerhalterung 32 kann durch Ausfahren und Zurückziehen des Teleskopzylinders entlang der Nut bewegt werden.

**[0086]** Bei dem obigen Schweißverfahren steuert die Steuereinheit 7 während des Schweißschritts (S2) bei der Erzeugung des Lichtbogens A die Antriebseinheit 8, um die Orientierung der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5 zu steuern. In diesem Fall, beispielsweise wenn die Orientierung der Mittelachse 4a der nichtabschmelzenden Elektrode 4 in Bezug auf das Schweißobjekt 5, d. h. der Neigungswinkel  $\theta$  der Mittelachse 4a in Bezug auf die Normale 5c, entsprechend der Schweißstelle geändert werden muss, kann für jede Schweißstelle ein geeigneter Neigungswinkel  $\theta$  eingestellt werden. Dies kann zu einer stabileren Schweißqualität im Schweißschritt (S2) führen.

<Aktionen>

**[0087]** Bei dem Schweißverfahren gemäß der vorliegenden Offenbarung kann in dem Schweißschritt (S2) der Neigungswinkel  $\theta$  für jede unterschiedliche Position des Abschnitts, bei dem das erste Ende des ersten Schweißobjekts 5a und das zweite Ende des zweiten Schweißobjekts 5b aneinanderstoßen, innerhalb des Bereichs von 40° oder mehr und weniger als 80° geändert werden. In diesem Fall kann die Schweißqualität stabilisiert werden.

**[0088]** Die folgenden Experimente wurden durchgeführt, um die Wirkungen der Schweißvorrichtung und des oben beschriebenen Schweißverfahrens zu überprüfen.

(Experimentelles Beispiel 1)

<Probe>

**[0089]** Das Material für die Probe war SUS436L, das im JIS-Standard spezifiziert ist. Die Probe wies eine Plattenform auf. Die Plattendicke, die der Dicke der Probe entsprach, betrug 0,6 mm. Das zu schweißende Ende war in eine L-Form gebogen. Die gebogenen Abschnitte wurden zum Bilden der Schweißverbindung aneinandergestoßen.

<Testmethode>

**[0090]** Für das Schweißen der oben genannten Schweißverbindung wurde eine WIG-Schweißvorrichtung mit der in **Fig. 1** gezeigten Konfiguration verwendet. Um den Schweißspalt (den Abstand zwi-

schen den Schweißobjekten) in der Schweißverbindung zu definieren, wurde eine Ausgleichsplatte zwischen die Schweißobjekte gelegt, die sich in der Schweißverbindung gegenüberlag. Das Schweißen wurde durchgeführt, während der Neigungswinkel  $\theta$ , der den Winkel zwischen der Normale an der Schweißverbindung des Schweißobjekts und der Mittelachse 4a der Wolframelektrode (siehe **Fig. 2**) darstellte, die eine nichtabschmelzende Elektrode 4 des Schweißbrenners 2 war, zwischen 25°, 45°, 50° und 60° verändert wurde. Der Zustand der Schweißverbindung wurde dann visuell überprüft. Tabelle 1 zeigt die Schweißbedingungen.

Tabelle 1

Schweißstrom [A]	105
Schweißgeschwindigkeit[mm/min]	600
Neigungswinkel [°]	25-60
Schweißspalt [L]	0-0,35
Schutzgas/Strömungsgeschwindigkeit [L/min]	Ar/15

<Ergebnisse>

**[0091]** Tabelle 2 zeigt die Testergebnisse. In Tabelle 2 wird in der Spalte „Schweißergebnis“ der Fall, bei dem der Zustand der Schweißverbindung nach dem Schweißen gut ist, mit „A“, und der Fall, bei dem ein Fehler aufgetreten ist, wie beispielsweise dass die Schweißverbindung nicht richtig geformt wurde, mit „B“ angegeben.

Tabelle 2

Neigungswinkel [°]	Schweißspalt [mm]	Schweißergebnis
25	0,15	B
25	0,1	A
45	0,15	A
45	0,2	A
45	0,25	B
50	0,15	A
50	0,2	A
50	0,25	B
60	0,15	A
60	0,2	A
60	0,25	A
60	0,3	A
60	0,35	B

**[0092]** Wie in Tabelle 2 gezeigt, kann bei einem Neigungswinkel von 25° eine gute Schweißverbindung erzielt werden, wenn der Schweißspalt 0,1 mm beträgt. Bei einem Schweißspalt von 0,15 mm tritt jedoch ein Fehler in der Schweißverbindung auf. Im Gegensatz dazu wird gezeigt, dass bei einem Neigungswinkel von 45° und 50° der Zustand der Schweißverbindung gut ist, wenn der Schweißspalt 0,2 mm oder weniger beträgt. Es wird auch gezeigt, dass bei einem Neigungswinkel von 60° der Zustand der Schweißverbindung gut ist, wenn der Schweißspalt 0,3 mm oder weniger beträgt.

**[0093]** Somit wird gezeigt, dass bei einem Neigungswinkel von 45° oder mehr der Wert des Schweißspalts, der eine gute Schweißqualität ergibt, zwei- bis dreimal so hoch ist wie der Wert bei einem Neigungswinkel von 25°.

**[0094]** Bei einem Neigungswinkel von 80° wurde der Lichtbogen A (siehe Fig. 4) instabil und es trat unabhängig vom Schweißspalt ein Fehler in der Schweißverbindung auf. Daher kann eine gute Schweißqualität erzielt werden, wenn der Neigungswinkel weniger als 80° beträgt.

(Experimentelles Beispiel 2)

<Testmethode>

**[0095]** Die vertikale Abwärtsdruckkomponente des Lichtbogendrucks wurde gemessen, während der Neigungswinkel (auch als Brennerwinkel bezeichnet) der Mittelachse der Wolframelektrode, die als nicht-abschmelzende Elektrode dient, und der Schweißstrom variiert wurden. Zudem wurde die vertikale Abwärtsdruckkomponente des Lichtbogendrucks gemessen, während die Höhe (auch als Lichtbogenlänge bezeichnet) von der Fläche des Schweißobjekts bis zur Spitze der Wolframelektrode und der Schweißstrom variiert wurden. Um die vertikale Abwärtsdruckkomponente des Lichtbogendrucks zu messen, wurde eine wassergekühlte Kupfer-Hauptplatte mit einem Durchgangsloch als Schweißobjekt vorbereitet. Ein Differenzdruckmanometer wurde von der Rückseite der wassergekühlten Kupfer-Hauptplatte an das Durchgangsloch angeschlossen. In einem solchen Messsystem wurde ein Lichtbogen von der Vorderseite der wassergekühlten Kupfer-Hauptplatte zu dem Teil erzeugt, an dem das Durchgangsloch gebildet wurde, und die obige Druckkomponente wurde gemessen. Tabelle 3 zeigt die Bedingungen bei der Messung.

Tabelle 3

Schweißstrom [A]	100-200
Neigungswinkel [°]	0, 25, 50
Lichtbogenlänge [mm]	1-5

<Ergebnisse>

**[0096]** Fig. 17 zeigt die Beziehung zwischen einem Neigungswinkel und einer vertikalen Abwärtsdruckkomponente eines Lichtbogendrucks. In Fig. 17 gibt die horizontale Achse einen Neigungswinkel an und die vertikale Achse gibt eine vertikale Abwärtsdruckkomponente des Lichtbogendrucks an. Hier wurde der Maximalwert (auch als maximaler Lichtbogendruck bezeichnet) während der Messung als Druckkomponente verwendet. Fig. 17 zeigt auch die relativen Werte, wenn die obige Druckkomponente mit einem Neigungswinkel von 0°, einem Schweißstrom von 100 A und einer Lichtbogenlänge von 3 mm als 1 festgelegt wird. Die Messungen wurden unter der Bedingung durchgeführt, dass der Schweißstrom 100 A oder 200 A betrug und der Neigungswinkel 0°, 25° oder 50° betrug.

**[0097]** Wie aus Fig. 17 ersichtlich ist, ist der Grad der Abnahme des maximalen Lichtbogendrucks, wenn der Neigungswinkel auf 50° eingestellt ist, relativ größer als der Grad der Abnahme des maximalen Lichtbogendrucks, wenn der Neigungswinkel auf 25° eingestellt ist, vom maximalen Lichtbogendruck, wenn der Neigungswinkel auf 25° eingestellt ist, vom maximalen Lichtbogendruck, wenn der Neigungswinkel auf 0° eingestellt ist.

**[0098]** Wie aus Fig. 17 ersichtlich ist, wird der maximale Lichtbogendruck bei einem Schweißstrom von 100 A um die Hälfte reduziert, wenn der Neigungswinkel 40° oder mehr beträgt, verglichen mit dem Fall bei einem Neigungswinkel von 0°. Zudem steigt der maximale Lichtbogendruck bei einem Neigungswinkel von 0° um etwa das 2,2-Fache, wenn der Schweißstrom von 100 A auf 200 A erhöht wird. Im Gegensatz dazu ist der maximale Lichtbogendruck bei einem Schweißstrom von 200 A und einem Neigungswinkel von 50° kleiner oder gleich dem maximalen Lichtbogendruck bei einem Schweißstrom von 100 A und einem Neigungswinkel von 0°. Diese Tendenz kann bestätigt werden, wenn der Neigungswinkel 40° oder mehr beträgt. Somit wird gezeigt, dass eine Zunahme des Lichtbogendrucks mit einer Zunahme des Schweißstroms durch eine Zunahme des Neigungswinkels unterdrückt werden kann.

**[0099]** Fig. 18 zeigt die Beziehung zwischen einer Lichtbogenlänge und einer vertikalen Abwärtsdruckkomponente eines Lichtbogendrucks. In Fig. 18 gibt die horizontale Achse die Lichtbogenlänge an und die vertikale Achse gibt die vertikale Abwärtsdruckkomponente des Lichtbogendrucks an. Hier, wie in Fig. 17, wurde der Maximalwert (auch als maximaler Lichtbogendruck bezeichnet) während der Messung als diese Druckkomponente verwendet. Fig. 18 zeigt auch die relativen Werte, wenn die obige Druckkomponente mit einem Neigungswinkel von 0°, einem Schweißstrom von 100 A und einer Lichtbogenlänge

von 1 mm als 1 festgelegt wird. Die Messung wurde unter den Bedingungen durchgeführt, dass der Schweißstrom 100 A oder 200 A betrug und die Lichtbogenlänge 1 mm, 3 mm oder 5 mm betrug. Der Neigungswinkel betrug bei allen Bedingungen 0°.

**[0100]** Wie aus **Fig. 18** ersichtlich ist, variiert der maximale Lichtbogendruck auch mit der Lichtbogenlänge. Der Lichtbogendruck kann durch Vergrößerung der Lichtbogenlänge reduziert werden, d. h. durch Vergrößerung der Höhe vom Schweißobjekt bis zur Spitze der Wolframelektrode.

(Experimentelles Beispiel 3)

<Probe>

**[0101]** Es wurde dieselbe Probe wie im experimentellen Beispiel 1 verwendet.

<Testmethode>

**[0102]** Die Temperaturverteilung am Ende des Schweißens im Bereich vor dem Schmelzbad wurde gemessen, während der Neigungswinkel (Brennerwinkel) der Mittelachse der Wolframelektrode, die als nichtabschmelzende Elektrode dient, variiert wurde. Als Temperaturmessvorrichtung wurde ein Thermoelement vom Typ K verwendet. Tabelle 4 zeigt die Bedingungen bei der Messung.

Tabelle 4

Schweißstrom [A]	105
Schweißgeschwindigkeit[mm/min]	600
Neigungswinkel [°]	25, 60
Schutzgas/Strömungsgeschwindigkeit [L/min]	Ar/15

<Ergebnisse>

**[0103]** **Fig. 19** zeigt die Ergebnisse. In **Fig. 19** gibt die horizontale Achse den Abstand von der Spitze des Schmelzbades an und die vertikale Achse die Temperatur an jeder Position des Schweißobjekts am Ende des Schweißvorgangs (d. h. bei Erlöschen des Lichtbogens). **Fig. 19** zeigt die Ergebnisse für Neigungswinkel von 25° und 60°.

**[0104]** Wie aus **Fig. 19** ersichtlich ist, war die Temperatur im Bereich vor dem Schmelzbad bei einem Neigungswinkel von 60° höher als bei einem Neigungswinkel von 25°. Mit anderen Worten wird gezeigt, dass die Wirkung des Vorerwärmens des Bereichs vor dem Schmelzbad durch Vergrößerung des Neigungswinkels erhöht werden kann.

**[0105]** In den obigen Versuchsbeispielen wurde das Experiment mit einer flachen Platte als Schweißobjekt durchgeführt, aber ähnliche Ergebnisse können auch erzielt werden, wenn das Schweißobjekt eine gekrümmte Fläche aufweist (wenn der Körperabschnitt und der Endplattenabschnitt, die den Dosenkörper bei der Ausführungsform 4 bilden, als Schweißobjekt verwendet werden).

**[0106]** Die hier offenbarten Ausführungsformen sollten als in jeder Hinsicht beispielhaft und nicht einschränkend betrachtet werden. Sofern kein Widerspruch besteht, können wenigstens zwei der hier offenbarten Ausführungsformen kombiniert werden. Es ist daher beabsichtigt, dass der grundlegende Umfang der vorliegenden Offenbarung durch Ansprüche und nicht durch die obige Beschreibung definiert wird und alle Modifikationen und Variationen umfasst, die in Bedeutung und Umfang den Ansprüchen entsprechen.

#### Bezugszeichenliste

1	Schweißvorrichtung;
2	Schweißbrenner;
3	Düse;
4	nichtabschmelzende Elektrode;
4a	Mittelachse;
5	Schweißobjekt;
5a	erstes Schweißobjekt;
5aa1, 5ba1	gebogener Abschnitt,
5aa2, 5ba2	sich erstreckender Abschnitt;
5aa	erstes Ende;
5b	zweites Schweißobjekt;
5ba	zweites Ende;
5c	Normale;
6	Stromversorgung;
7	Steuereinheit;
8	Antriebseinheit;
9	Erfassungseinheit;
9a	Sensor;
9b	Spannungssensor;
10	Pfeil;
20	Dosenkörper;
20a	gerade Linie;
20b	Liniensegment;
21	Körperabschnitt;

21a	Ende;
21b	Drehmittelachse;
21c	Scheitelpunkt;
22	Endplattenabschnitt;
22a	äußerer Umfangsabschnitt;
25	Spannvorrichtung;
30	Linearführung;
30a	Linearführungsschiene;
30b	Linearführungsblock;
31	Führungseinheit;
31a	Führungsrolle;
31b	Halterung;
32	Brennerhalterung;
33, 35	Platte;
34	beweglicher Tisch;
36	Luftzylinder;
A	Lichtbogen;
H1, H2, h	Abstand;
L	Länge;
M	Schweißmetall;
P	Schmelzbad.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2012-139704 [0003, 0004, 0005]

## Patentansprüche

1. Schweißverfahren, umfassend:  
Vorbereiten eines ersten Schweißobjekts mit einem ersten Ende und eines zweiten Schweißobjekts mit einem zweiten Ende; und  
Schweißen eines Abschnitts, bei dem das erste Ende und das zweite Ende aneinanderstoßen, unter Verwendung eines Lichtbogens, der durch eine nichtabschmelzende Elektrode mit einer Mittelachse erzeugt wird,  
wobei das erste Schweißobjekt und das zweite Schweißobjekt so angeordnet sind, dass sie den Abschnitt bilden,  
wobei beim Schweißen der Abschnitt geschweißt wird, während die nichtabschmelzende Elektrode relativ zum Abschnitt bewegt wird,  
wobei beim Schweißen in Bezug auf eine Normale zu Flächen des ersten Schweißobjekts und des zweiten Schweißobjekts an dem Abschnitt, die Mittelachse der nichtabschmelzenden Elektrode in einer Richtung geneigt ist, die entgegengesetzt zu einer Bewegungsrichtung der nichtabschmelzenden Elektrode in Bezug auf den Abschnitt ist, und  
wobei beim Schweißen ein Neigungswinkel der Mittelachse in Bezug auf die Normale  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  beträgt.
2. Schweißverfahren nach Anspruch 1, wobei bei dem Abschnitt eines von dem ersten Ende und dem zweiten Ende einen gebogenen Abschnitt, der so gebogen ist, dass er in einem Querschnitt senkrecht zur Bewegungsrichtung eine L-Form aufweist, und einen sich vom gebogenen Abschnitt in einer Richtung entlang der Normalen erstreckenden Abschnitt umfasst, und  
wobei das andere Ende des ersten Endes und des zweiten Endes so angeordnet ist, dass es dem gebogenen Abschnitt zugewandt ist.
3. Schweißverfahren nach Anspruch 2, wobei in der Richtung, die entlang der Normalen verläuft, ein Abstand vom gebogenen Abschnitt zur nichtabschmelzenden Elektrode größer oder gleich einem Abstand vom gebogenen Abschnitt zu einer oberen Fläche des sich erstreckenden Abschnitts ist.
4. Schweißverfahren nach Anspruch 3, wobei beim Schweißen der Abstand vom gebogenen Abschnitt zur nichtabschmelzenden Elektrode entsprechend einer Verschiebung des sich erstreckenden Abschnitts angepasst wird.
5. Schweißverfahren nach Anspruch 4, wobei beim Schweißen der Abstand vom gebogenen Abschnitt zur nichtabschmelzenden Elektrode für jede unterschiedliche Position des Abschnitts veränderbar ist.

6. Schweißverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei beim Schweißen der Neigungswinkel für jede unterschiedliche Position des Abschnitts innerhalb eines Bereichs von  $40^\circ$  oder mehr und weniger als  $80^\circ$  veränderbar ist.

7. Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers unter Verwendung des Schweißverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei beim Vorbereiten ein Körperabschnitt mit röhrenförmiger Gestalt als das erste Schweißobjekt vorbereitet wird,  
wobei der Körperabschnitt den Dosenkörper bildet, wobei beim Vorbereiten ein Endplattenabschnitt des Dosenkörpers als das zweite Schweißobjekt vorbereitet wird,  
wobei beim Vorbereiten das erste Ende ein ringförmiges Ende in einer Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts ist und  
wobei beim Vorbereiten das zweite Ende ein äußerer Umfangsabschnitt des Endplattenabschnitts ist, und  
wobei beim Schweißschritt der Körperabschnitt und der Endplattenabschnitt so angeordnet sind, dass sie den Abschnitt bilden, bei dem das Ende des Körperabschnitts und der äußere Umfangsabschnitt des Endplattenabschnitts aneinanderstoßen,  
wobei beim Schweißschritt der Abschnitt bei der fixierten nichtabschmelzenden Elektrode geschweißt wird, während der Körperabschnitt und der Endplattenabschnitt um eine Drehmittelachse herum gedreht werden, die sich in die Erstreckungsrichtung des Körperabschnitts erstreckt, und  
wobei beim Schweißschritt die Normale eine gerade Linie ist, die senkrecht zur Drehmittelachse verläuft und die Drehmittelachse mit einer Spitze der nichtabschmelzenden Elektrode verbindet.

8. Verfahren zum Herstellen eines Dosenkörpers nach Anspruch 7, wobei beim Schweißen der Körperabschnitt und der Endplattenabschnitt so angeordnet sind, dass sich die Drehmittelachse horizontal erstreckt, und  
wobei beim Schweißen bei der Betrachtung aus einer Richtung, die entlang der Drehmittelachse verläuft, die nichtabschmelzende Elektrode in einem Bereich vor einem obersten Scheitelpunkt des Körperabschnitts in einer Drehrichtung des Körperabschnitts und des Endplattenabschnitts angeordnet ist.

9. Schweißvorrichtung, umfassend:  
eine nichtabschmelzende Elektrode mit einer Mittelachse;  
eine Stromversorgung, die die nichtabschmelzende Elektrode mit elektrischer Energie versorgt; und  
eine Steuereinheit, die eine Orientierung der Mittelachse der nichtabschmelzenden Elektrode in Bezug auf ein Schweißobjekt steuert.

10. Schweißvorrichtung nach Anspruch 9, die ferner eine Erfassungseinheit umfasst, die eine Verschiebung des Schweißobjekts erfasst, wobei die Steuereinheit eine Position der nichtabschmelzenden Elektrode gemäß der durch die Erfassungseinheit erfassten Verschiebung des Schweißobjekts steuert.

11. Schweißvorrichtung nach Anspruch 9, ferner umfassend:  
eine Führungseinheit, die mit dem Schweißobjekt in Kontakt gebracht wird; und  
eine Einstelleinheit, die mit der Führungseinheit und der nichtabschmelzenden Elektrode verbunden ist, wobei die Einstelleinheit eine Position der nichtabschmelzenden Elektrode entsprechend einer über die Führungseinheit erfassten Verschiebung des Schweißobjekts einstellt.

12. Schweißvorrichtung nach Anspruch 11, die ferner einen Positionseinstellmechanismus umfasst, der eine relative Position zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode und einer Kontaktposition zwischen der Führungseinheit und dem Schweißobjekt ändert, wobei die Steuereinheit den Positionseinstellmechanismus steuert, um die relative Position zwischen der nichtabschmelzenden Elektrode und der Kontaktposition zu ändern.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

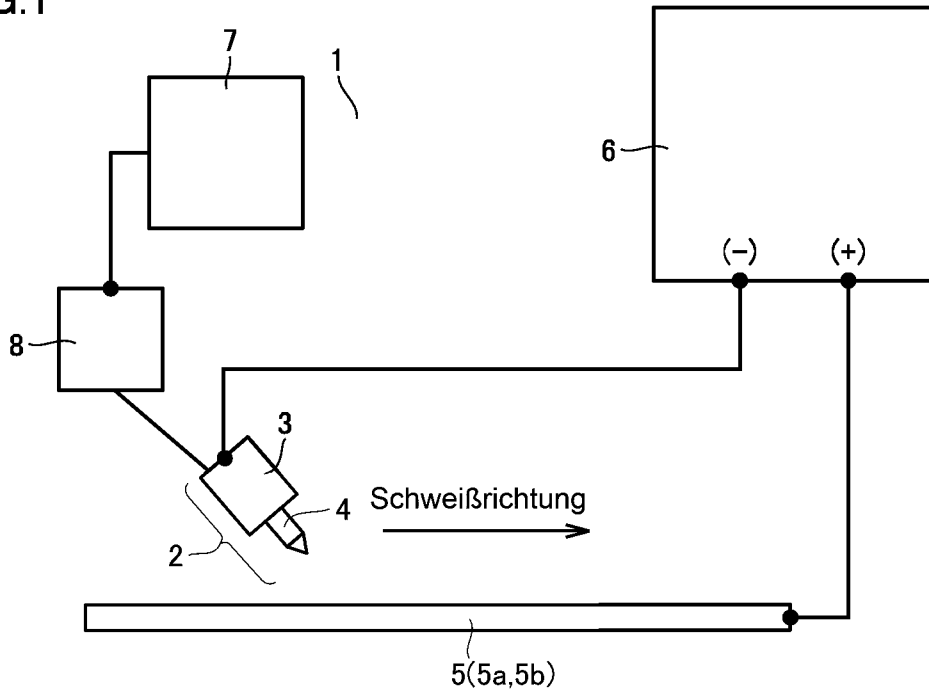


FIG.2

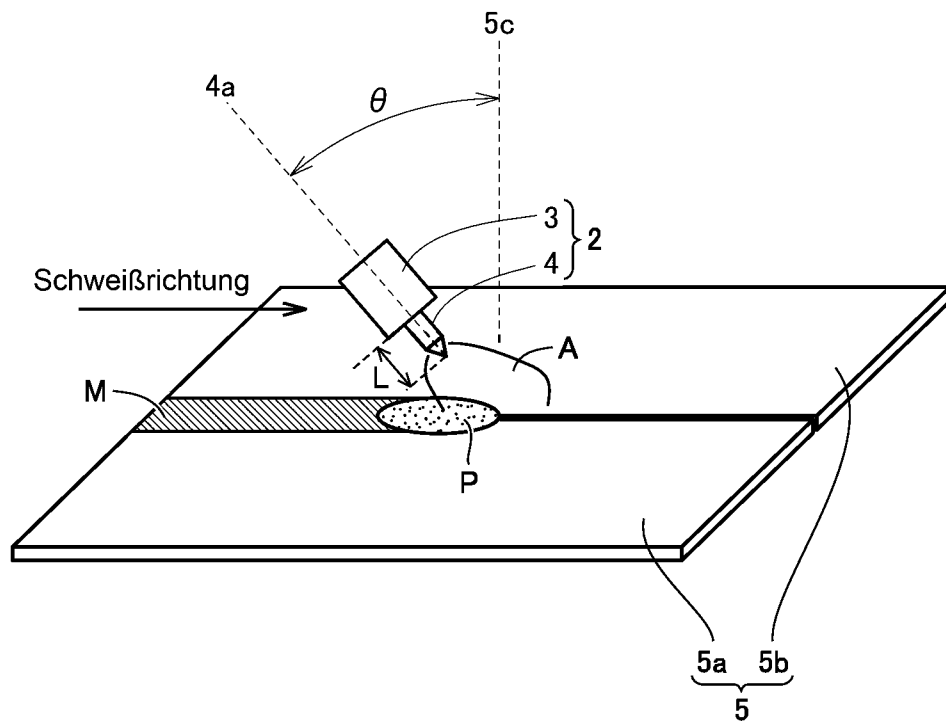


FIG.3

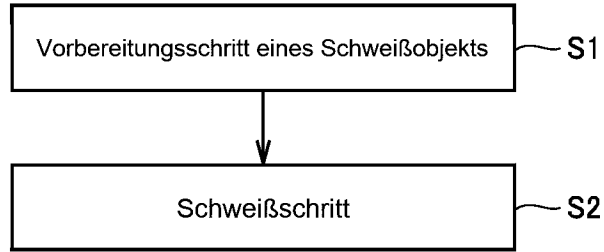


FIG.4

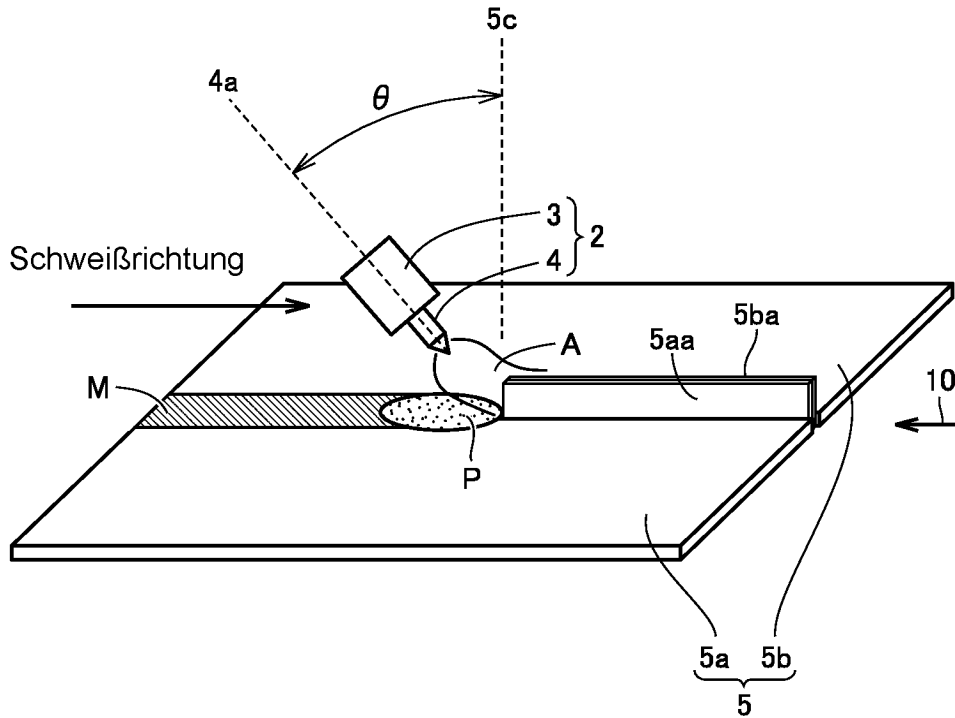


FIG.5

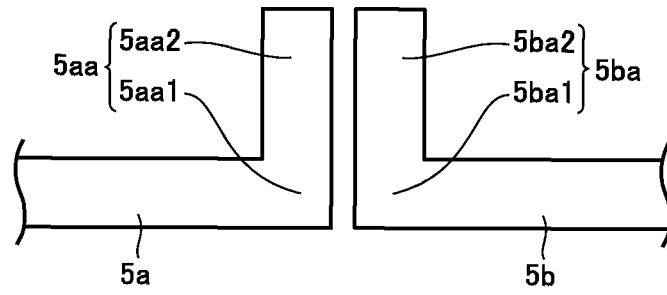


FIG.6

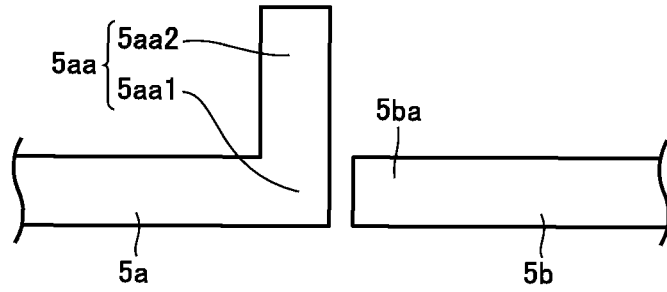


FIG.7

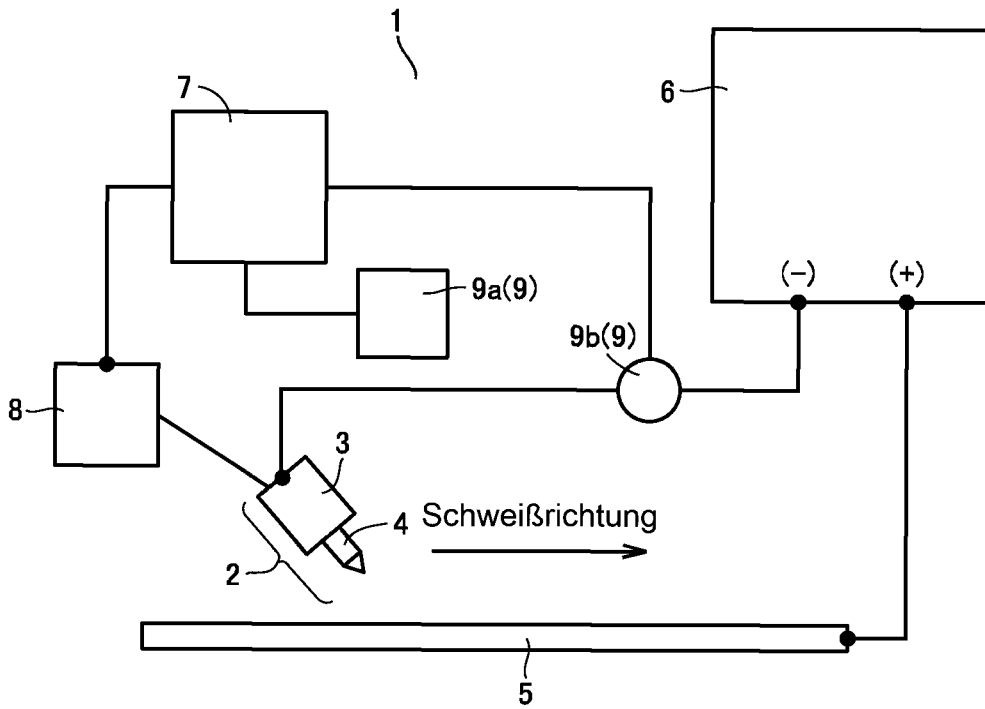


FIG.8

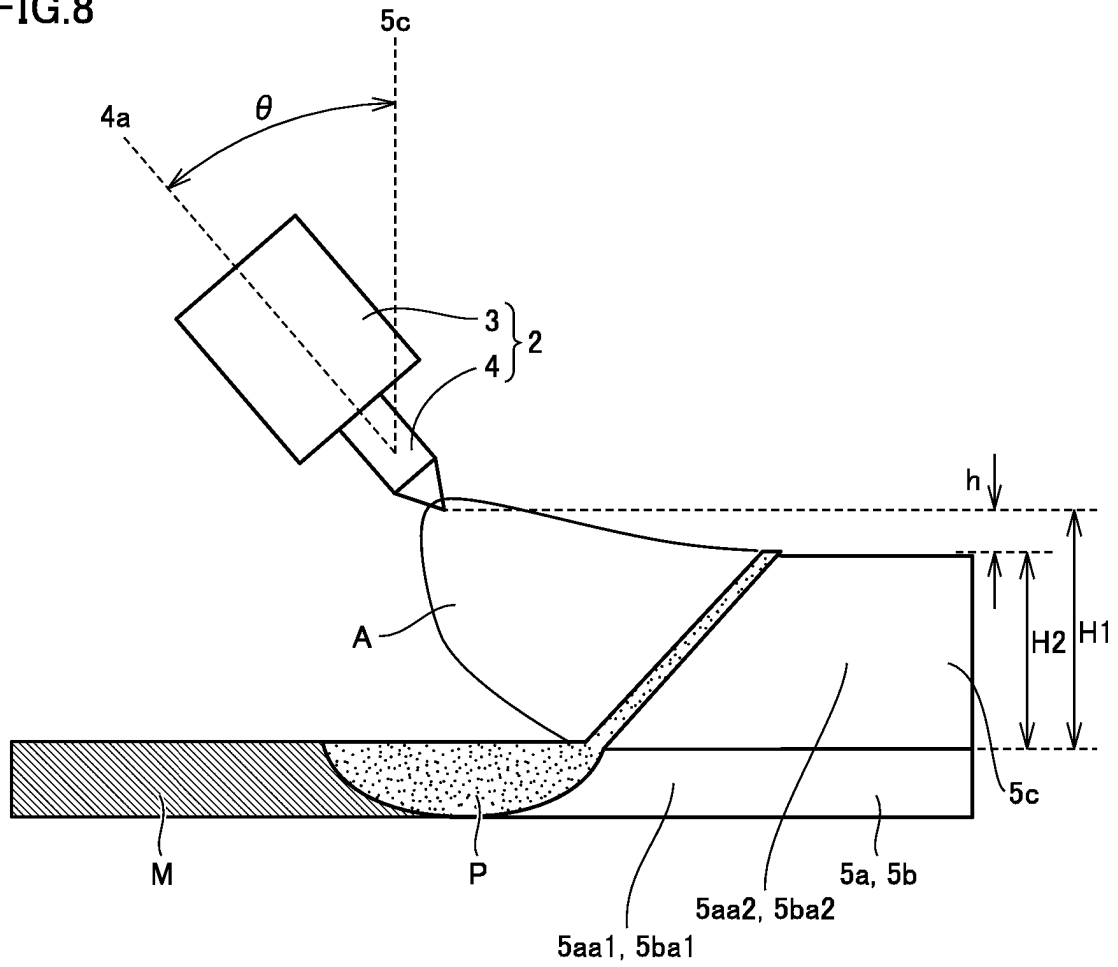


FIG.9

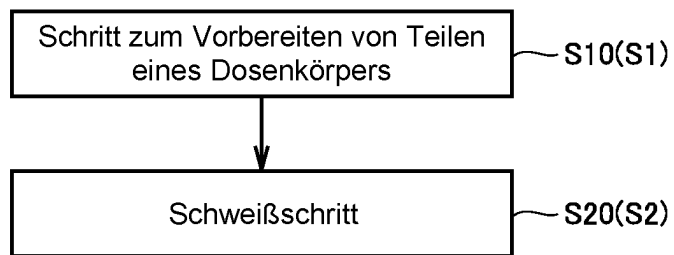


FIG.10

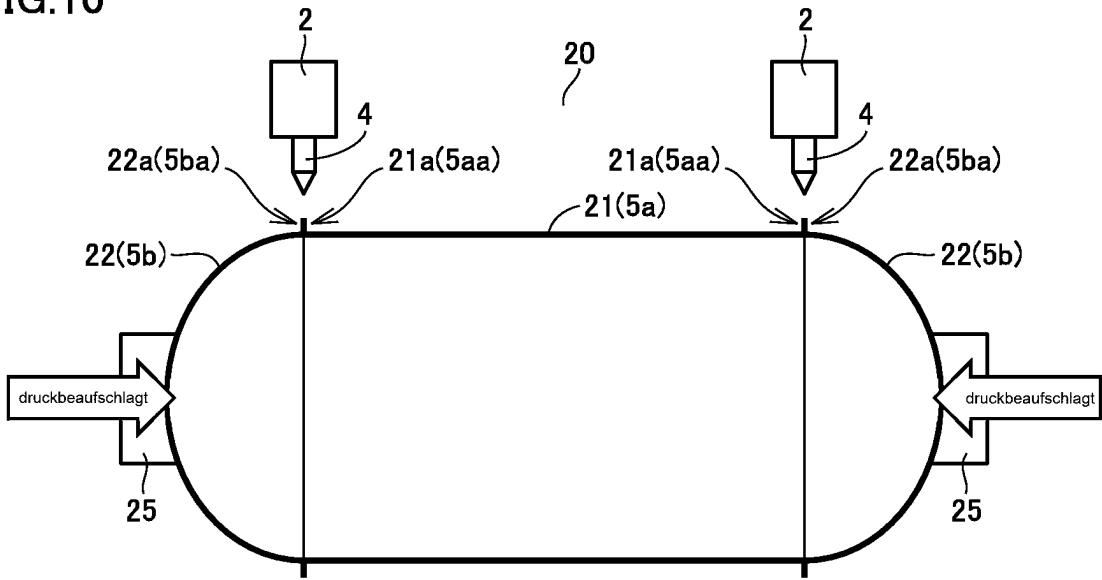


FIG.11

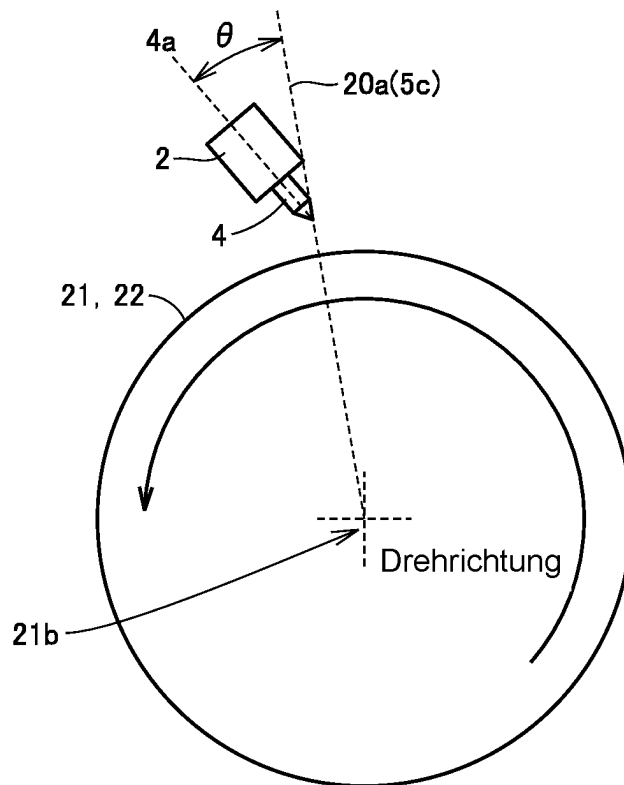


FIG.12

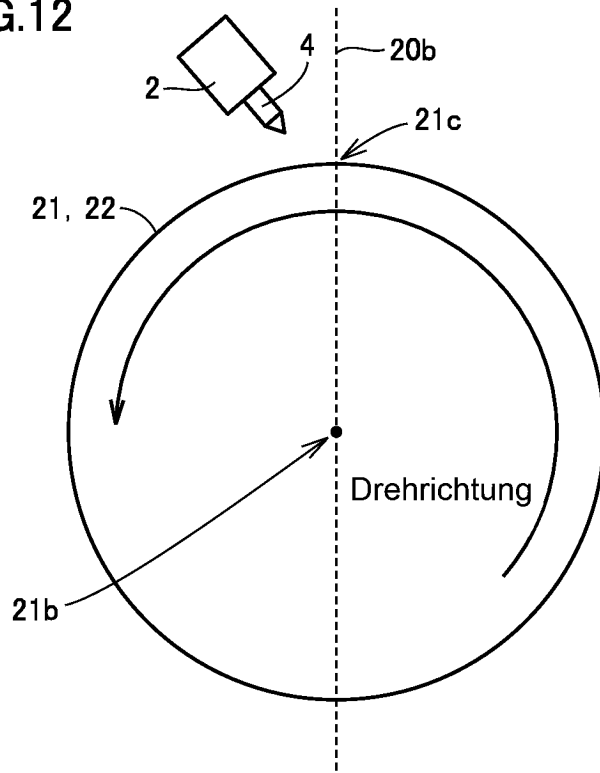


FIG.13

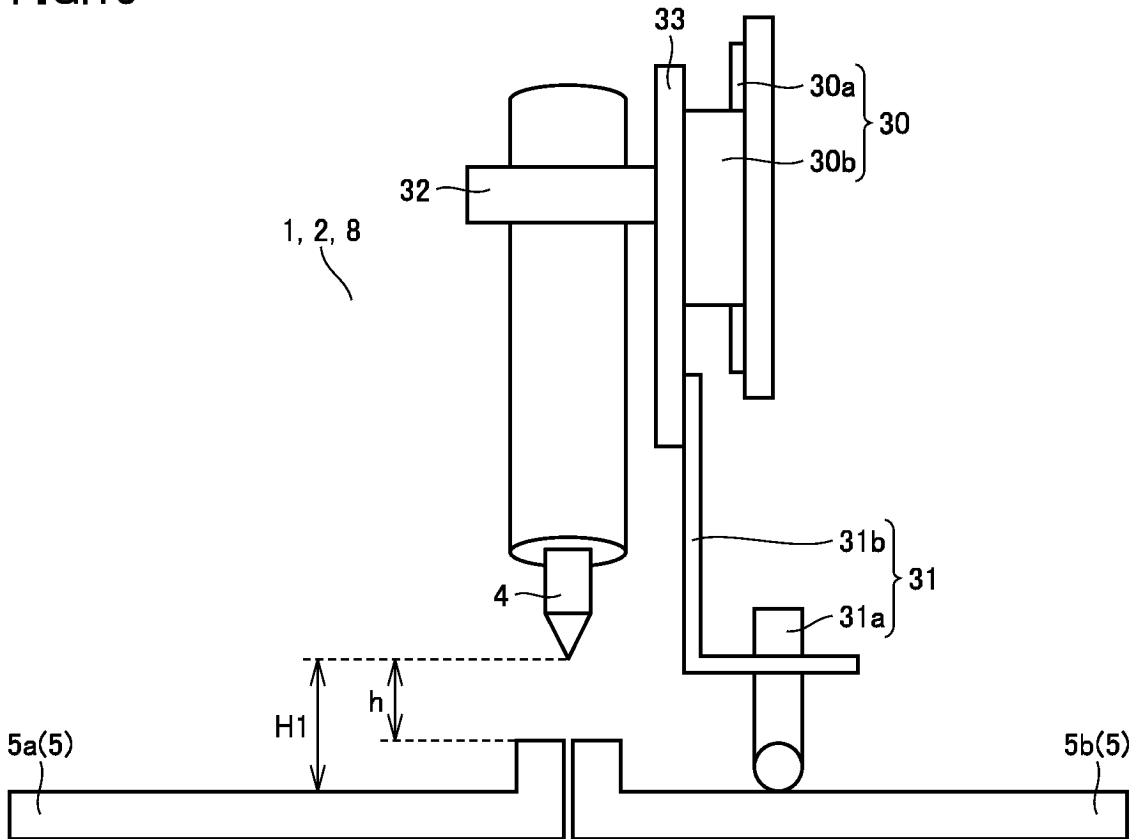


FIG.14

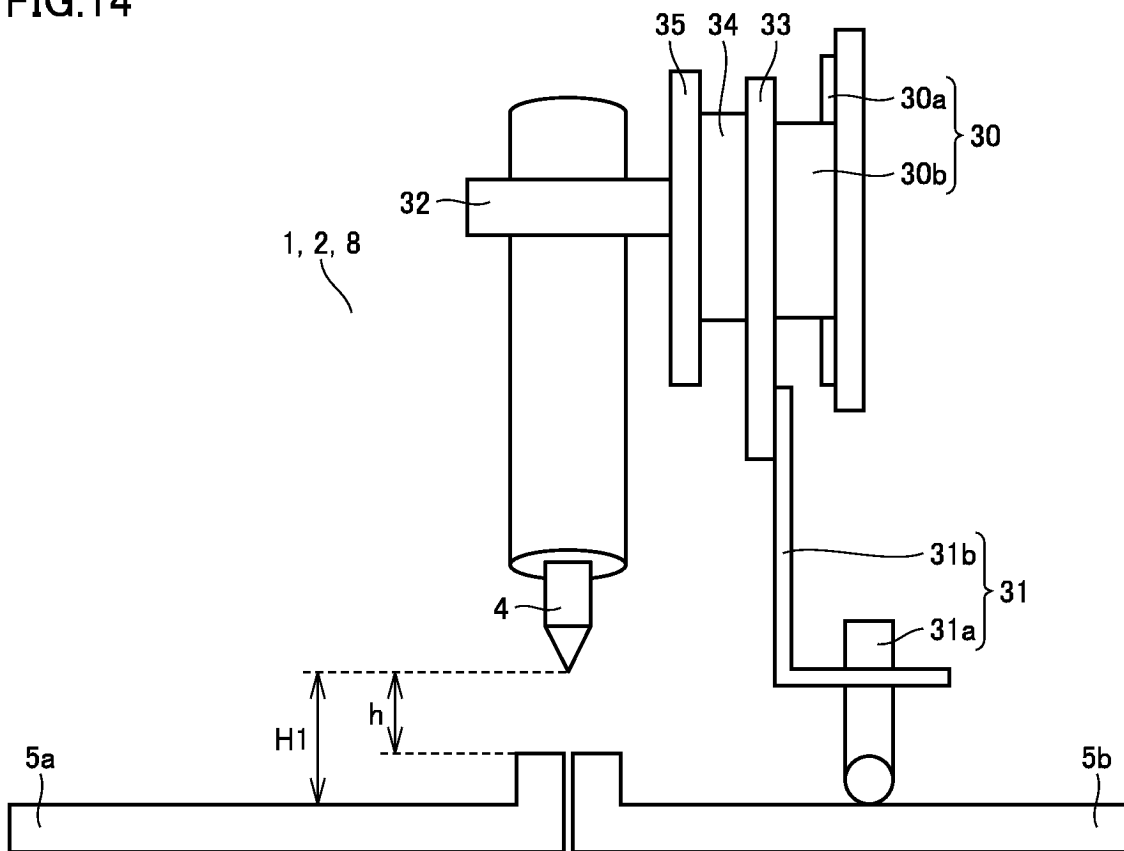


FIG.15

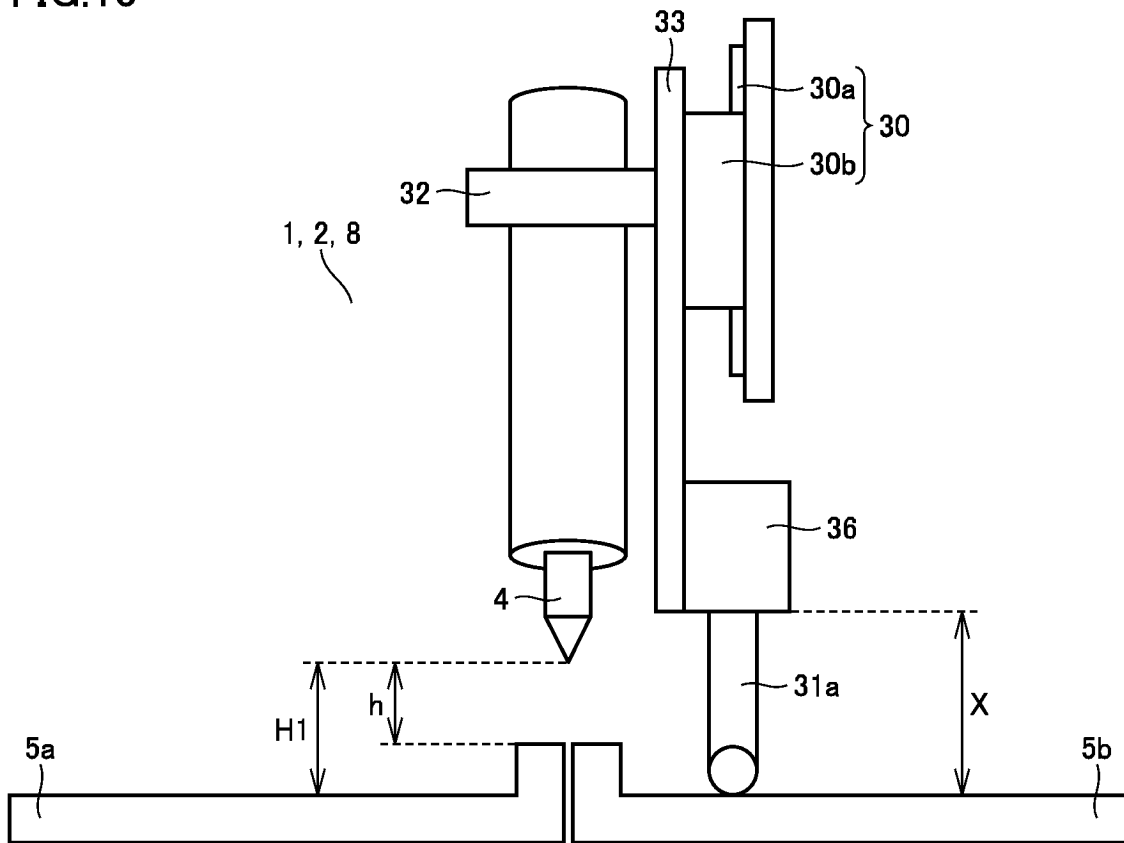


FIG.16

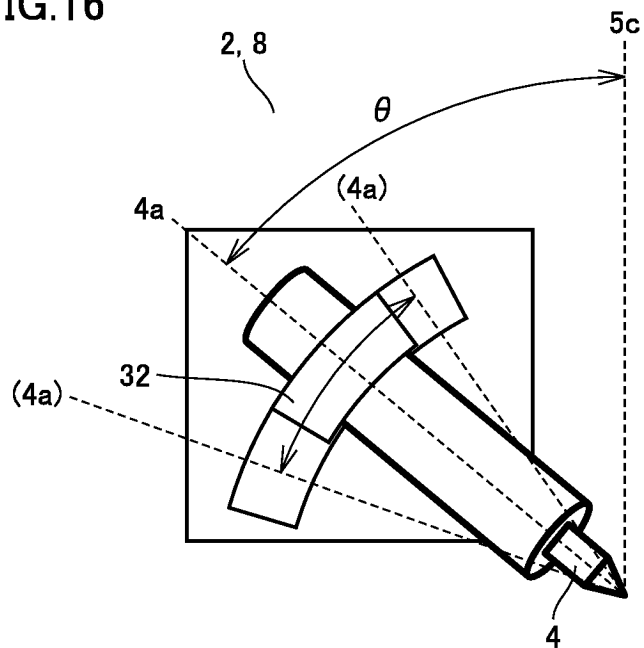


FIG.17

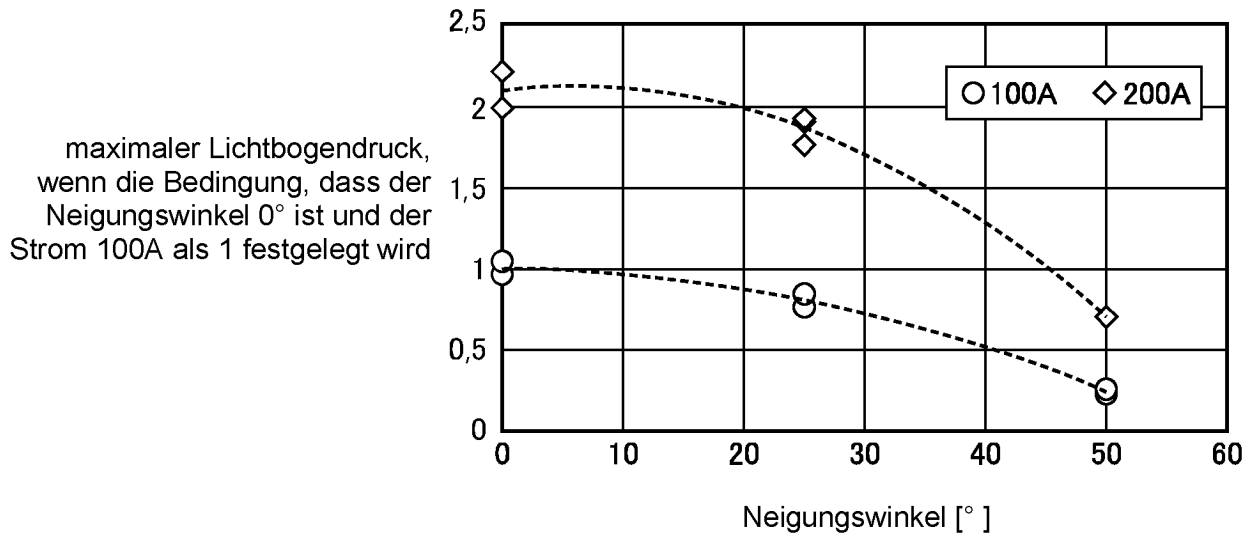


FIG.18

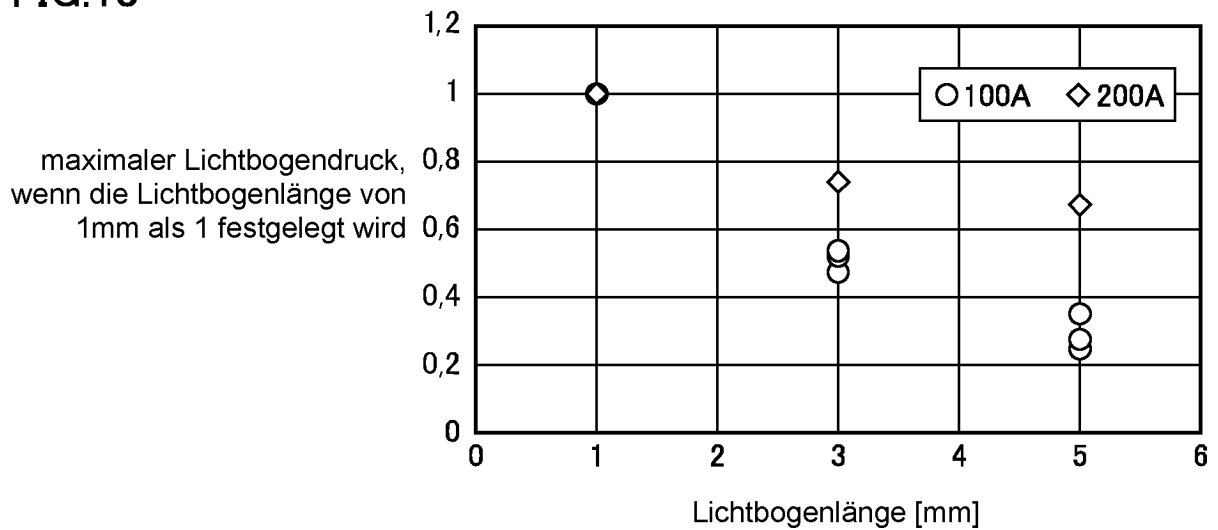


FIG.19

