



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 35 906 T2** 2006.12.21

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 231 009 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 35 906.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 128 735.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.09.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **14.08.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.05.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 9/073** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

27555996 **26.09.1996** **JP**

(73) Patentinhaber:

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

MANABE, Yukio, Hiroshima, Hiroshima-ken, JP;
ZENITANI, Satoru, Hiroshima, Hiroshima-ken, JP;
HIROMOTO, Yoshinori, Hiroshima, Hiroshima-ken,
JP; KOBAYASHI, Yasuyuki, Hiroshima,
Hiroshima-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Überkopfschweißen**

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

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

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überkopfschweißen, bei dem ein Grundwerkstoff unter Verwendung einer speziellen Wärmequelle aufgeschmolzen wird, um ein Schmelzbad zu erzeugen, wobei die Möglichkeit besteht, dass dieses Schmelzbad unter dem Einfluss der Schwerkraft eine Verformung erfährt. Genauer gesagt, betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Überkopfschweißen bei der Herstellung großer Konstruktionen wie von Brücken, Druckbehältern oder dergleichen zu verwenden ist.

[0002] Beim Herstellen von Stumpfstoßschweißungen können vier Schweißpositionen verwendet werden: die Flachposition, die Horizontalposition, die Vertikalposition und die Überkopffposition. Allgemein gesagt, betrifft der Begriff "Überkopffposition" einen Schweißvorgang für eine praktisch horizontale Verbindungsstelle von unten, die nach oben gerichtet ist. "Flachposition" betrifft eine horizontale Verbindung, die von oben her geschweißt wird und nach unten gerichtet ist. "Horizontalposition" betrifft einen Horizontalschweißvorgang einer Verbindungsstelle, deren Schweißachse im Wesentlichen horizontal verläuft. "Vertikalposition" betrifft das Schweißen eines Verbindungsstücks, dessen Schweißachse vertikal verläuft.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0003] Da Brücken, Druckbehälter und andere große Stahlkonstruktionen während der Herstellung nicht einfach umgedreht werden können, besteht keine andere Wahl, als sie unter Verwendung der Überkopffposition und der vertikalen Position zu schweißen. Beim Überkopfschweißen zeigt das Gewicht des geschmolzenen Metalls selbst die Tendenz, dafür zu sorgen, dass sich ein Schweißwulst nach unten ausweitet. Wenn die erste Schicht geschmolzen ist, führt dies zu einer Hinterschneidung an der Oberseite des Zwischenraums (**21a** in der [Fig. 6](#)) und zu einem ungenauen Verbindungswinkel für die Wände an der oberen Oberseite der Rille (**21b** in der [Fig. 6](#)). Dies kann zu Mängeln wie ungenauem Verschmelzen führen, wenn die folgende Schicht geschweißt wird. Ab der zweiten Schicht weist die Unterseite der Schweißwulst einen ungenauen Verbindungswinkel, wie bei der ersten Schicht, auf. Bei mangelhaftem Schweißen kann sich unzureichendes Aufschmelzen jeder folgenden Schicht einstellen. Daher wird ein derartiges Schweißen im Allgemeinen durch einen halbautomatisierten oder einen Handschweißprozess ausgeführt, der ein hohes Geschicklichkeitsmaß erfordert.

[0004] Selbst wenn dieser Schweißprozess automatisiert ist, muss die Schweißvorrichtung über die-

selben Fähigkeiten wie ein geschickter Arbeiter verfügen, der den oben erörterten Prozess ausführt. Es sind eine Anzahl von Bahnführungsmechanismen und eine genaue Wärmeregulierung erforderlich. Da dies nicht immer ausreicht, muss der Schweißprozess bei niedriger Temperatur mit niedrigem Wirkungsgrad ausgeführt werden. Dies steht Vorhaben im Weg, den Schweißprozess effizienter zu machen.

[0005] Aus US-1 914 518 ist es bekannt, dass auf dem Gebiet des Schweißens eines Stammmaterials in ebener Position, ein Magnetfeld dazu verwendet werden kann, einen Schweißbogen zu stabilisieren. Bei diesem Stand der Technik wird ein Schweißdraht über eine horizontale Schweißlinie positioniert, und ein Elektromagnet wird unter dieser positioniert, um ein horizontales Magnetfeld parallel zur Oberfläche des zu schweißenden Stammmaterials und orthogonal zur Schweißlinie zu erzeugen.

[0006] EP-A-0 844 039 (Stand der Technik gemäß Artikel 54 (3) und (4) EPÜ) sowie JP-A-8-132 231 offenbaren Verfahren zum horizontalen Schweißen, d.h. zum Erzeugen einer horizontalen Schweißlinie in einer vertikalen Ebene eines Stammmaterials. Bei diesem Stand der Technik ist die Spule eines Elektromagnets um eine Schweißbogeneinrichtung gewunden, um ein elektromagnetisches Feld orthogonal zur Oberfläche des Stammmaterials und auch orthogonal zur Schweißlinie zu erzeugen. In den geschmolzenen See am Schweißpunkt werden eine oder zwei Elektroden eingetaucht, um in ihm einen unidirektionalen Strom in derselben Richtung wie der Schweißrichtung zu erzeugen. Der unidirektionale Strom und das Magnetfeld führen zu einer nach oben gerichteten Lorentz-Kraft, die der Schwerkraft im geschmolzenen See entgegenwirkt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Überkopfschweißen anzugeben, das die oben angegebenen Probleme vermeidet und hoch effizientes Schweißen ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe ist durch das im Anspruch 1 dargelegte Verfahren gelöst. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

[0009] Beim Überkopfschweißen besteht, wenn der Grundwerkstoff durch eine Wärmequelle aufgeschmolzen wird, die ein Bogen, ein Laser oder ein Elektronenstrahl sein kann, um ein Schmelzbad zu erzeugen, die Tendenz, dass das genannte Bad aufgrund der Einwirkung der Schwerkraft verformt wird. Bei Ausführungsformen der Erfindung wird dafür gesorgt, dass ein Strom in praktisch derselben Richtung wie der Schweißlinie durch das oben genannte Schmelzbad fließt. (Es ist zulässig, dass der Strom

parallel zur Schweißlinie, jedoch nicht in dieser, fließt.) An das genannte Schmelzbad wird auch ein Magnetfeld rechtwinklig zur Richtung des oben genannten Stroms, d.h. rechtwinklig zur Schweißlinie, und parallel zur Oberfläche des Grundwerkstoffs angelegt. Während der Schweißvorgang ausgeführt wird, wird dadurch im oben genannten Schmelzbad eine Lorentzkraft in der Richtung nach oben in der Rille erzeugt.

[0010] Nun wird der Betrieb einer Ausführungsform der Erfindung unter Bezugnahme auf das grobe Diagramm zur Wulstanhebung in der [Fig. 3](#) erläutert.

[0011] Wenn dafür gesorgt wird, dass zwischen Hilfsdrähten **5a** und **5b** ein elektrischer Strom fließt, wird im Schmelzbad **12** ein unidirektionaler Strom **A** erzeugt. Parallel zur Oberfläche des Grundwerkstoffs und rechtwinklig zur Schweißlinie wird auch ein Magnetfeld **9** angelegt. Dieses sorgt dafür, dass in der Richtung nach oben in der Rille eine Lorentzkraft erzeugt wird. Unter dieser Kraft wird ein Schweißwulst erzielt, der nicht nach unten tropft.

[0012] Für die Einrichtung zum Erzeugen eines unidirektionalen Stroms besteht keine Einschränkung auf Hilfsdrähte. Wenn, wie in der [Fig. 8](#), kein Leiter vor dem Schweißbogen in der Schweißrichtung vorhanden ist (wie z.B. dann, wenn die erste Schicht geschweißt wird), fließt der Schweißstrom im Allgemeinen entgegengesetzt zur Schweißrichtung. Wenn vor dem Schweißbogen ein externes Magnetfeld **9** induziert wird, kann das oben erörterte Ergebnis erzielt werden, und die Schweißperle verformt sich nicht.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0013] [Fig. 1](#) veranschaulicht Schaltungsverbindungen in einer Schweißvorrichtung, die eine erste ideale Ausführungsform der Erfindung ist.

[0014] [Fig. 2](#) veranschaulicht Schaltungsverbindungen in einer Schweißvorrichtung, die eine zweite ideale Ausführungsform der Erfindung ist.

[0015] [Fig. 3](#) veranschaulicht, wie das geschmolzene Metall beim erfindungsgemäßen Schema für Überkopfschweißen oben gehalten wird.

[0016] [Fig. 4](#) veranschaulicht Schaltungsverbindungen in einer Schweißvorrichtung, die eine dritte ideale Ausführungsform der Erfindung ist.

[0017] [Fig. 5](#) veranschaulicht Schaltungsverbindungen in einer Schweißvorrichtung, die eine vierte ideale Ausführungsform der Erfindung ist.

[0018] [Fig. 6](#) ist eine Schnittansicht des Schweißorts beim bekannten Schweißschema.

[0019] [Fig. 7](#) ist eine Schnittansicht der Wulst, wenn die Erfindung verwendet wird.

[0020] [Fig. 8](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Schweißvorrichtung.

[0021] [Fig. 9](#) veranschaulicht Schaltungsverbindungen in einer Schweißvorrichtung, die eine fünfte ideale Ausführungsform der Erfindung ist.

[0022] [Fig. 10](#) veranschaulicht Schaltungsverbindungen in einer Schweißvorrichtung, die eine sechste ideale Ausführungsform der Erfindung ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0023] Als Nächstes wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. In demjenigen Grad, in dem Abmessungen, Materialien, die Form und Relativpositionen der Bestandteile bei diesen Ausführungsformen nicht speziell offenbart sind, ist der Schutzzumfang der Erfindung nicht durch diese Faktoren eingeschränkt. Die Ausführungsformen dienen lediglich als veranschaulichende Beispiele.

AUSFÜHRUNGSFORM 1

[0024] Die [Fig. 1](#) zeigt eine Schweißvorrichtung unter Verwendung eines Schweißverfahrens, bei dem es sich um eine ideale Ausführungsform der Erfindung handelt. Es handelt sich um ein Verfahren zum MAG (Metall-Aktivgas-Schweißen) in Überkopfposition unter Verwendung eines Bogens (Wärmequelle **10**) und einer Verbrauchselektrode **13** (Schweißdraht). In der [Fig. 1](#) wird als Schweißspannungsversorgung **1** eine normale Schweißspannungsversorgung verwendet. Zwischen einer Elektrode **13**, die aus dem Schweißbrenner **4** vorsteht, und dem Grundwerkstoff **7** wird ein Bogen **10** (die Wärmequelle) erzeugt. Die Wärme dieses Bogens sorgt dafür, dass der Grundwerkstoff **7** schmilzt.

[0025] An einer Seite der Bogenwärmequelle **10**, entlang der Schweißrichtung, sind Hilfs(Schmelz)drähte **5a** und **5b** in die Oberseite des Schmelzbads **12** eingeführt. Die oben genannten Drähte **5a** und **5b** sind mit der positiven bzw. negativen Seite einer Stromversorgung **2** verbunden, um dafür zu sorgen, dass ein Gleichstrom in der Schweißrichtung fließt.

[0026] Theoretisch sollte das für die Hilfsdrähte gewählte leitende Material ein solches sein, das mit dem Material der Verbindungsstelle verträglich ist.

[0027] Ein externer Permanentmagnet oder Gleichstrom-Elektromagnet **6** wird so positioniert, dass er nahe der Rückseite des Grundwerkstoffs **7** (an der Oberseite der Rille), die rechtwinklig zur Schweißlinie und parallel zur Oberfläche des Grundwerkstoffs, ge-

sehen vom Schweißbrenner **4** her verläuft, ein Magnetfeld **9** induziert. (Siehe die [Fig. 8](#) zur Position des Magnets.)

[0028] Wenn bei dieser Anordnung, wie sie aus der [Fig. 3](#) erkennbar ist, zwischen den oben genannten Drähten **5a** und **5b** ein Strom fließt, wird entlang dem Schweißpfad ein Gleichstrom A erzeugt.

[0029] Wenn ein Magnetfeld **9** parallel zur Oberfläche des Grundwerkstoffs und rechtwinklig zum oben genannten Gleichstrom A angelegt wird, wird zur oberen Oberseite **21A** der Rille hin, oder in der Richtung nach oben, eine Lorentzkraft **11** erzeugt. Wenn dieses Schema dazu verwendet wird, die erste Schicht in Überkopfposition zu schweißen, wird die obere Oberseite der Rille nicht hinterschnitten und die Unterseite weist keinen ungeeigneten Verbindungswinkel auf, wie es in der [Fig. 7](#) dargestellt ist. Von der zweiten Schicht an weist, genau wie bei der ersten Schicht, die Wulst zwischen der Rille und den Wänden den korrekten Verbindungswinkel auf.

[0030] Genau wie bei TIG(Wolfram-Inertgas)-Heißdraht-Schweißverfahren, wie sie im Stand der Technik verwendet werden, bewirkt das Schicken eines Stroms durch die Hilfsdrähte **5a** und **5b** eine Erwärmung dieser Drähte durch den Joule-Effekt, was wiederum deren Abscheidungsrate erhöht.

[0031] Bei dieser Ausführungsform ist der geeignete Bereich der Schweißbedingungen der folgende: der Schweißstrom beträgt zwischen 100 und 300 A; die Bogenspannung beträgt zwischen 12 und 27 V; die Schweißgeschwindigkeit beträgt zwischen 5 und 20 cm/Min.; die Magnetflussdichte liegt zwischen 38 und 300 Gauss; und der Strom zwischen den Hilfsdrähten beträgt zwischen 70 und 200 A.

[0032] Der Wertebereich für den Schweißstrom ist dergestalt, dass die Bewegung des Tropfens und die Formung der Wulst auf stabile Weise bewerkstelligt werden können. Der Bereich für die Bogenspannung ist dergestalt, dass der Bogen auf stabile Weise aufrecht erhalten werden kann, wenn der oben genannte Schweißstrom innerhalb des spezifizierten Bereichs liegt. Der Bereich der Schweißgeschwindigkeit ist dergestalt, dass pro Einheit der Schweißlänge in Bezug auf den vorgegebenen Schweißstrom ein geeignetes Volumen abgeschieden wird. Der Bereich der Magnetflussdichte ist derjenige, der dazu erforderlich ist, die elektromagnetische Kraft zu erzeugen, die dazu erforderlich ist, die Form der Wulst zu verbessern und den Bogen auf stabile Weise aufrecht zu erhalten. Der Bereich des Stroms zwischen den Hilfsdrähten ist dergestalt, dass die Stärke der elektromagnetischen Kraft, die dazu erforderlich ist, die Form der Wulst zu verbessern, erzeugt werden kann und die Drähte auf stabile Weise schmelzen.

[0033] Die oben beschriebenen Schweißbedingungen können abhängig vom Durchmesser und vom Material der Verbrauchselektrode und den verwendeten Hilfsdrähten sowie der Form, des Materials usw. des Grundwerkstoffs variieren.

AUSFÜHRUNGSFORM 2

[0034] Wie es in der [Fig. 2](#) dargestellt ist, wird dasselbe MAG- Schweißschema verwendet, wie es bei der Ausführungsform 1 verwendet wird, jedoch wird ein Teil des Schweißstroms abgespalten und durch eine Aufteilungseinrichtung **8** durch die Hilfsdrähte geschickt, um dasselbe Ergebnis wie bei der Ausführungsform 1 zu erzielen.

AUSFÜHRUNGSFORM 3

[0035] Wie es in der [Fig. 4](#) dargestellt ist, wird dasselbe MAG- Schweißschema verwendet, wie es bei der Ausführungsform 1 verwendet ist, jedoch werden anstelle zweier Hilfsdrähte **5a** und **5b** ein einzelner Hilfsdraht **5** und eine Verbrauchselektrode **13** am Schweißbrenner **4** verwendet. Insoweit zwischen der Verbrauchselektrode **13** und dem Draht **5** in der Richtung der Schweißlinie ein Gleichstrom erzeugt wird, wird dieselbe Wirkung wie bei der Ausführungsform 1 erzielt.

AUSFÜHRUNGSFORM 4

[0036] In der [Fig. 4](#) verfügt ein Laserprozessor **16** über einen YAG oder CO₂-Laseroszillator **16A** und eine Haupteinheit **16B**, die eine Kondensorlinse **15** zum Bündeln des Laserstrahls **17** verwendet. Der YAG- oder CO₂-Laser wird als Wärmequelle zum Schweißen verwendet, und Hilfsdrähte **5a** und **5b** werden so platziert, dass sie einen Gleichstrom in der Richtung der Schweißlinie erzeugen. Der einzige im Schmelzbad **12** fließende Strom ist derjenige zwischen den Drähten **5a** und **5b**, so dass dasselbe Ergebnis wie bei der Ausführungsform 1 erzielt wird.

[0037] Es werden ein YAG-Laser mit einer Ausgangsleistung von 4,5 kW, eine Elektronenstrahl-Beschleunigungsspannung von 60 kV und ein Strahlstrom von 10 mA verwendet. Bei dieser Ausführungsform werden nur die Hilfsdrähte als Füllmetall verwendet.

AUSFÜHRUNGSFORM 5

[0038] Wenn die erste Schicht MAG-geschweißt wird und vor dem Schweißbogen in der Schweißbogen kein Leiter vorhanden ist, ist der Bogenstrom in der Richtung entgegengesetzt zur Schweißrichtung im Wesentlichen unidirektional, selbst ohne Verwendung einer gesonderten Einrichtung wie von Hilfsdrähten zum Erzeugen eines Gleichstroms. (Siehe die [Fig. 8](#).) So kann derselbe Effekt wie beim Beispiel

1 erzielt werden.

[0039] In der [Fig. 8](#) sind die Form und die Positionierung eines Magnets **6** spezifiziert. Ein Permanent- oder Elektromagnet **6** ist wie ein flaches Hufeisen mit Polen **6N** und **6S** an jeder Seite geformt. Er wird so platziert, dass er die Rille **21** auf der Seite der Oberfläche **21A** überbrückt, wobei die Pole **6N** und **6S** auf den beiden Seiten des Zwischenraums zwischen den zwei Segmenten des Grundwerkstoffs **7** liegen. Diese Anordnung erlaubt es, ein Magnetfeld anzulegen, das parallel zum Grundwerkstoff **7** und rechtwinklig zur Schweißlinie verläuft.

AUSFÜHRUNGSFORM 6

[0040] Die [Fig. 9](#) zeigt eine TIG-Schweißvorrichtung. Beim TIG-Schweißen wird ebenfalls ein Gleichstrom entlang der Schweißrichtung zwischen einer nichtverbrauchbaren Elektrode **13'** und einem Hilfsdraht **5**, genau wie bei der [Fig. 4](#), erzeugt. Dies erlaubt es, dasselbe Ergebnis wie bei der Ausführungsform 1 zu erzielen. Bei dieser Ausführungsform wird nur der Hilfsdraht als Quelle von Füllmaterial verwendet.

AUSFÜHRUNGSFORM 7

[0041] Beim MAG-Schweißen, wie es in der [Fig. 10](#) veranschaulicht ist, wird ein Doppelsatz aus einem Cu-Speiseelement **5a** und einem Cu-Sammelelement **5b'** vor und hinter dem Schweißort platziert. Wenn dafür gesorgt wird, dass ein unidirektionaler Strom zwischen den Sammelelementen fließt, wird dasselbe Ergebnis wie bei der Ausführungsform 1 erzielt. Die Sammelelemente bewegen sich als Einheit mit dem Schweißbrenner.

EFFEKTE DER ERFINDUNG

[0042] Wie oben beschrieben, wird, wenn diese Erfindung beim Überkopfschweißen verwendet wird, im Schmelzbad entlang der Richtung der Schweißlinie ein Gleichstrom erzeugt. Wenn dieser Strom bei Anwesenheit eines Magnetfelds fließt, wird im Schmelzbad eine Lorentzkraft in der Richtung zur Oberseite der Rille erzeugt. Dies verhindert, dass geschmolzenes Metall nach unten tropft, wodurch die Form der Wulst verbessert wird.

Patentansprüche

1. Schweißverfahren, um einen Grundwerkstoff (**7, 22**) in einer Über-Kopf-Position zu Schweißen, mit folgenden Schritten:

Erzeugen eines unidirektionalen Stromflusses (A) in einem Schweißbad (**10, 12**) entlang der Richtung einer Schweißlinie und Induzieren eines Magnetfelds (**9**) in dem Schweißbad parallel zur Oberfläche des Grundwerkstoffs und senkrecht zur Richtung der

Schweißlinie, um in eine Schweißrille (**21**), die entlang der Schweißlinie verläuft, hinein aufwärts gerichtet eine Lorentz-Kraft (**11**) zu erzeugen, wobei der unidirektionale Stromfluß (A) entgegengesetzt zur Schweißrichtung fließt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der unidirektionale Stromfluß (A) von einem Satz Zuführ- und Sammelelemente (**5a – 5b, 5, 13, 5a' – 5b'**) erzeugt wird, die entlang der Richtung der Schweißlinie angeordnet sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei sich der Satz Zuführ- und Sammelelemente zusammen mit einem Schweißbrenner (**4**) bewegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der unidirektionale Strom (A) mittels eines Teilers (**8**) vom Schweißstrom abgespalten wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Magnetfeld von einem Permanentmagneten (**6**) induziert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Magnetfeld (**9**) von einem Permanentmagneten (**6**) oder Gleichstrom-Elektromagneten (**6**) induziert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei der Permanentmagnet oder Gleichstrom-Elektromagnet (**6**) auf der Rückseite des Grundwerkstoffs (**7, 22**) gegenüber einem Schweißbrenner (**4**) und mit seinen beiden Magnetpolen (**6N, 6S**) auf beiden Seiten der Schweißlinie angeordnet ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

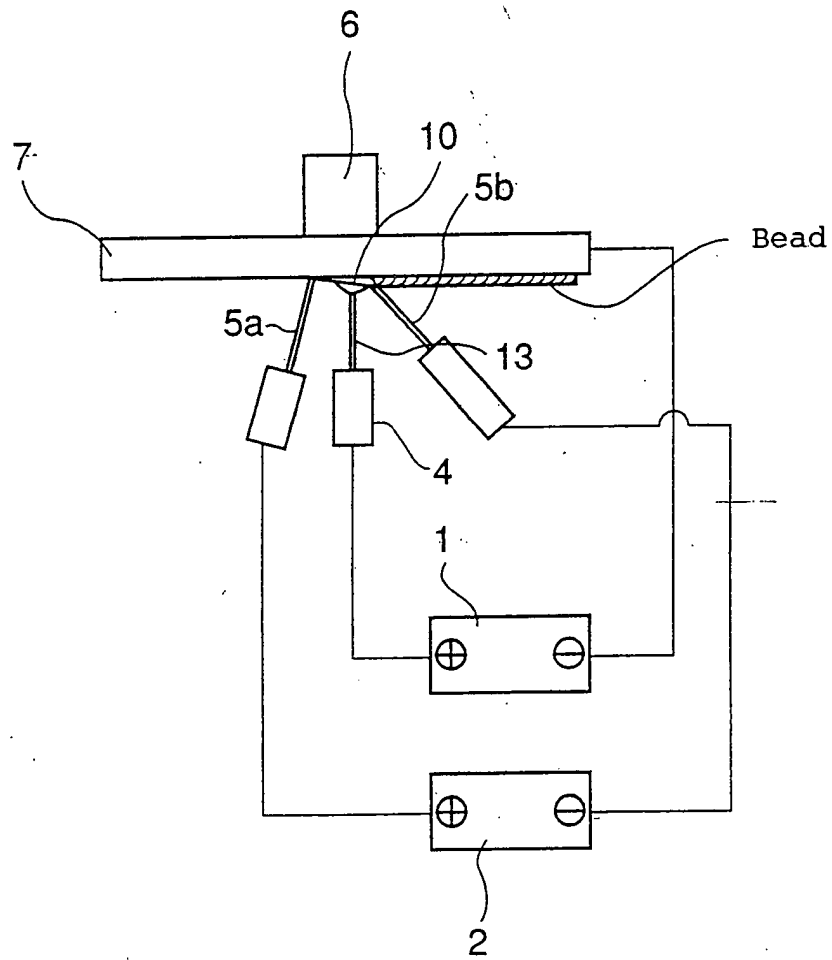


Fig. 2

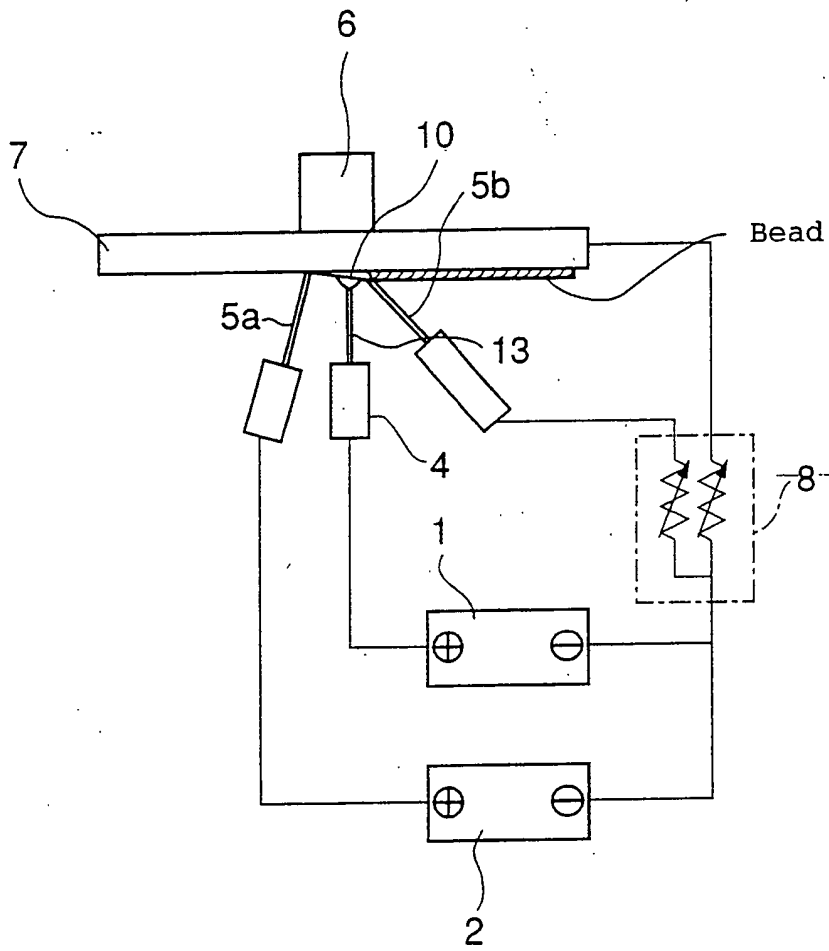


Fig. 3

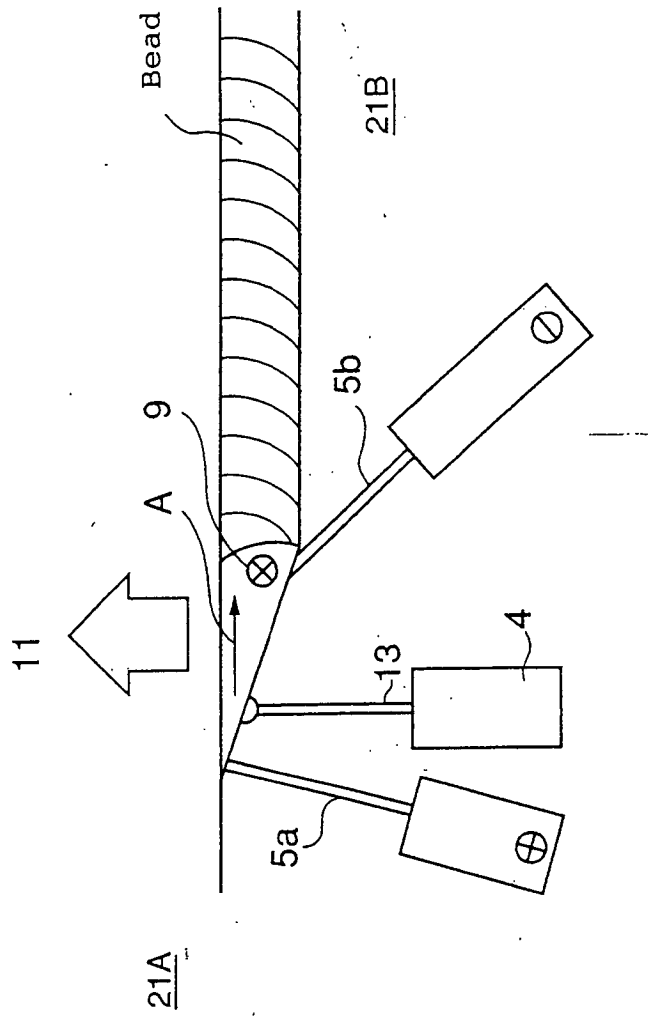


Fig. 4

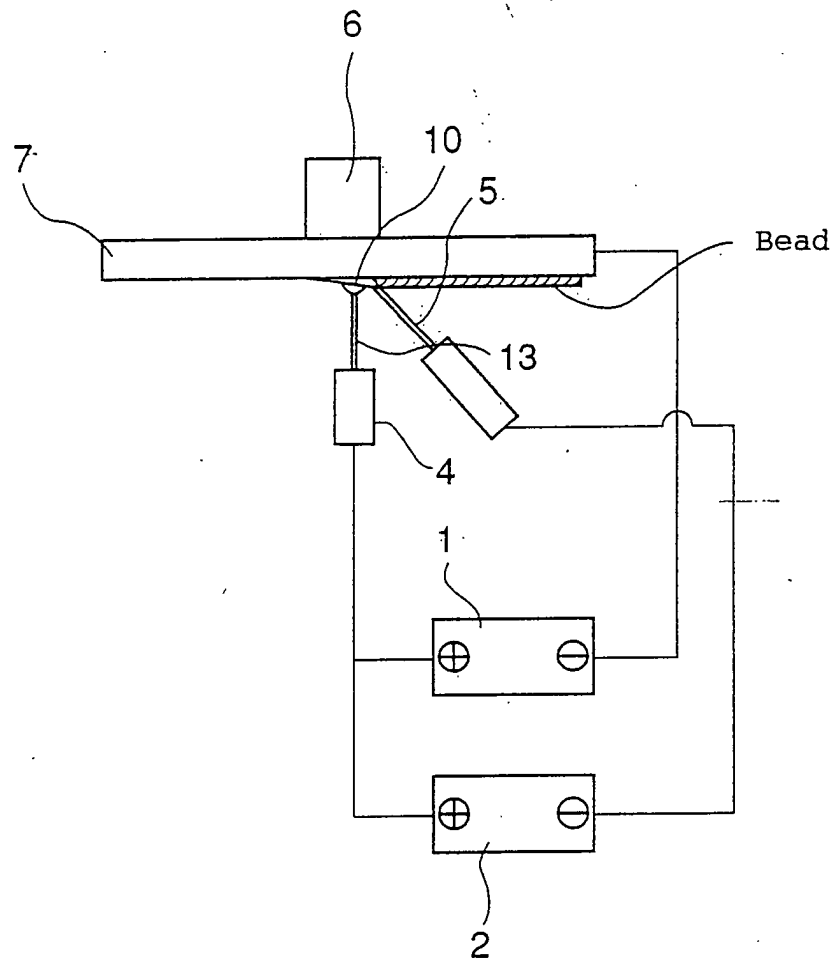


Fig. 5

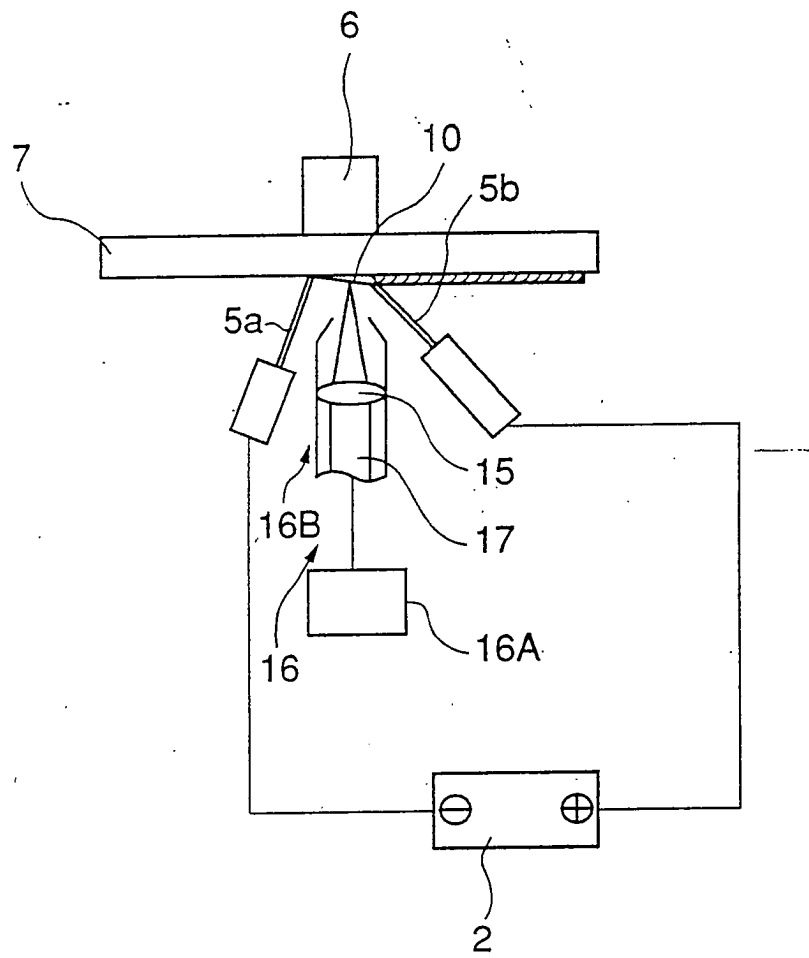


Fig. 6

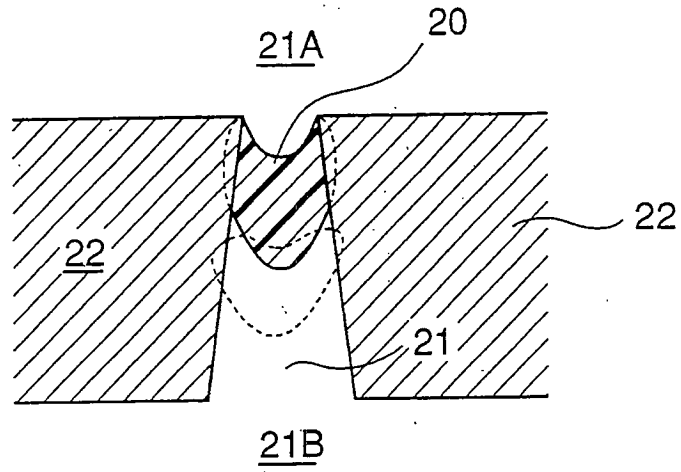


Fig. 7

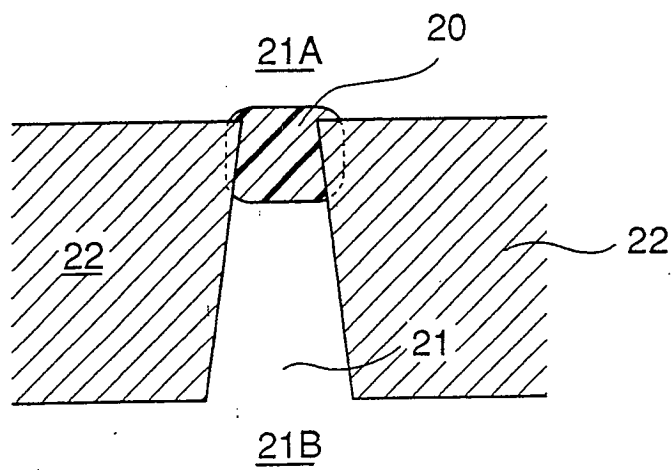


Fig. 8

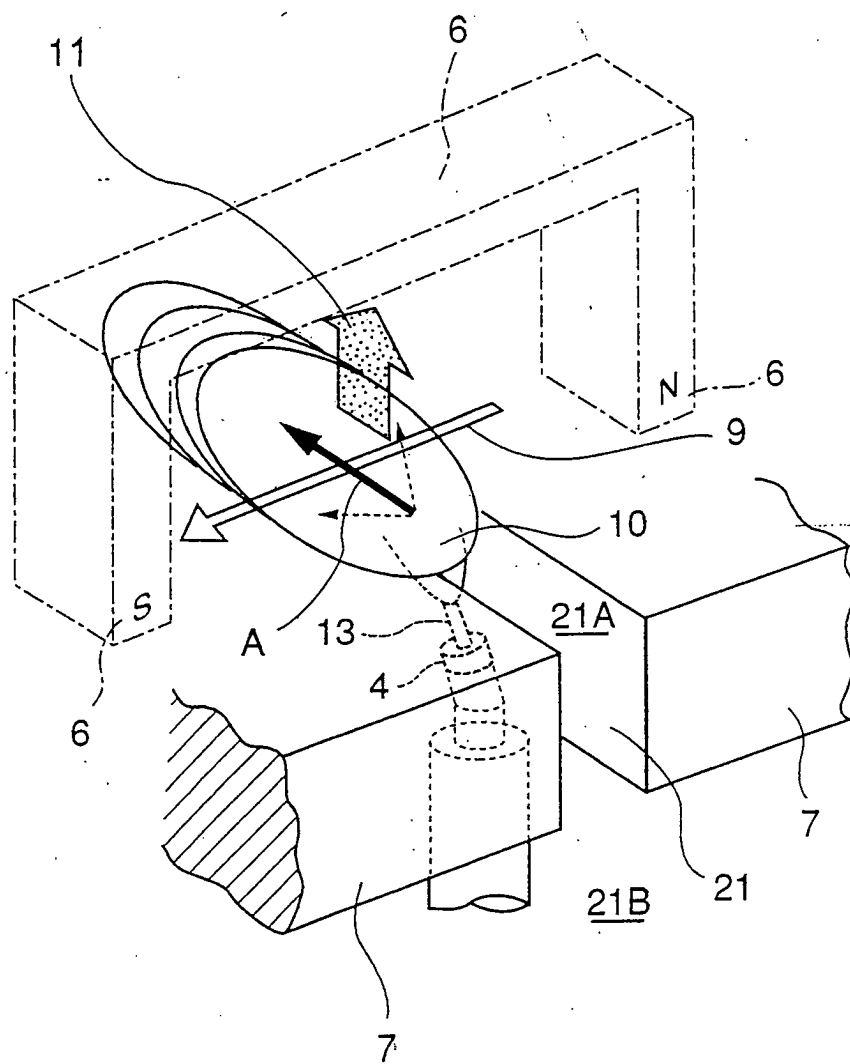


Fig. 9

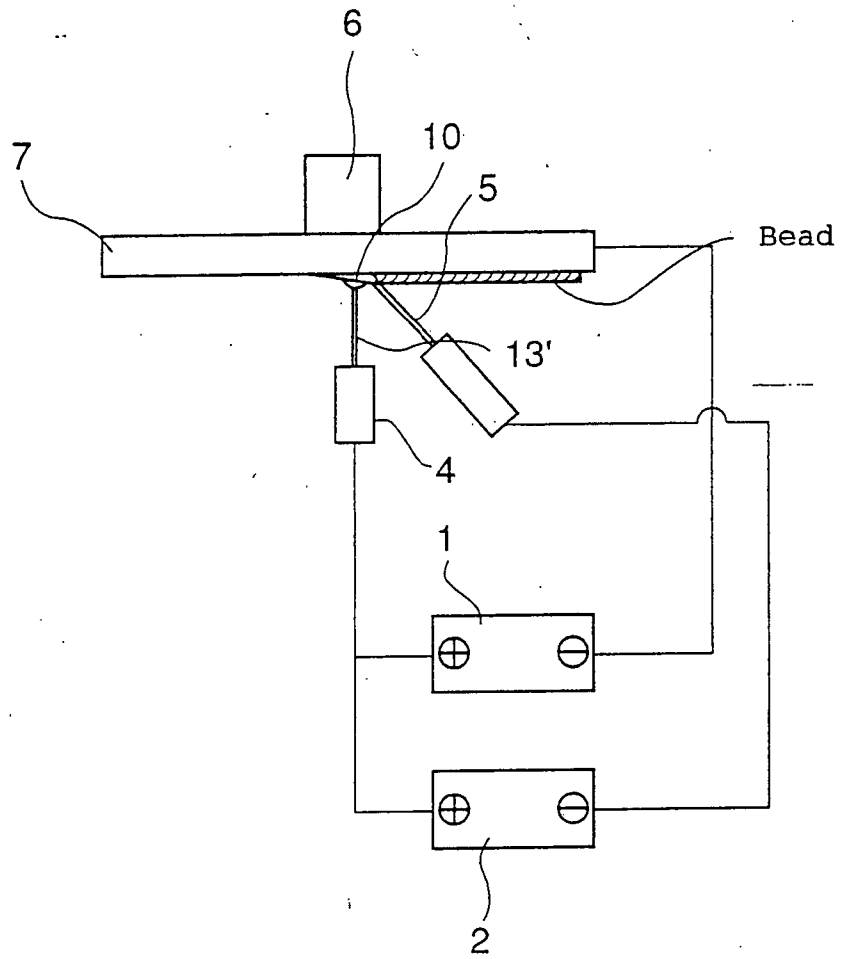


Fig. 10

