



Ausschliessungspatent

Erteilt gemäÙ § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

213 376

Int.Cl.³

3(51)

B 23 K 20/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP B 23 K/ 2556 164

(22) 12.10.83

(44) 12.09.84

(71) siehe (72)

(72) MOE, PER H.;NO;

(73) siehe (72)

(54) VERFAHREN ZUM ZUSAMMENFUEGEN VON METALLTEILEN DURCH DIFFUSIONSSCHWEISSEN

(57) Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen darin, ein Diffusionsschweißverfahren zur Herstellung einer Rohrleitung für den Unterwassertransport von Gas und Öl bereitzustellen. Das Diffusionsschweißverfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß zunächst zwischen den gegenüberliegenden Bindungsflächen (4, 5) eine Fuge (3) hergestellt wird, deren Höhe im allgemeinen vom Außenrand (7) zur Mitte hin zunimmt. Die Fuge ist mit einer Anschlußleitung (6) zu einer außen befindlichen Spülgas- bzw. Vakuumquelle versehen. Beim anfänglichen Erhitzen und Zusammenpressen der Teile wird ein inertes oder reduzierendes Spülgas, z. B. Wasserstoff, in die Fuge geleitet, bis die Fuge an ihrem Außenrand (7) geschlossen ist. Das Schließen der Fuge erfolgt durch Diffusionsschweißen. Danach kann in der Fuge ein Vakuum erzeugt werden. Weiteres Erhitzen, schnelle Druckanwendung und eine gewisse Haltezeit bewirken anschließend vollständiges Diffusionsschweißen der Teile. Ein Merkmal der erfindungsgemäÙen Lösung ist eine Verjüngung des Querschnittes der Teile im Fugenbereich. Beim Diffusionsschweißen werden die Teile dann wieder auf ihren Originalquerschnitt ausgepreÙt. Fig. 1

Berlin, den 30. 11. 1983

63 077 13

Diffusionsschweißverfahren

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbindung von Metallteilen durch Diffusionsschweißen, das folgende Schritte umfaßt: Herstellen einer Fuge zwischen den sich gegenüberliegenden Verbindungsflächen an den entsprechenden zu verbindenden Teilen; Erwärmen der Teile auf eine vorgegebene Temperatur zumindest in den an die Fuge angrenzenden Bereichen; Verbinden der Teile durch Zusammenpressen derselben und schließlich Abkühlen der Teile.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Vor- und Nachteile des Diffusionsschweißens sind u. a. aus dem Handbuch des Schweißens, 7. Auflage, Band III, S. 312 ff. bekannt.

Vorteile sind beispielsweise die Herstellungsmöglichkeit von Verbindungen, die in Eigenschaften und Mikrogefüge dem Grundwerkstoff sehr ähnlich sind, sowie die Verbindungsmöglichkeit in solchen Fällen, wo die Anwendung anderer Verfahren durch die Form der Werkstücke erschwert ist. Außerdem können Verbindungen mit minimalen Verformungen ohne nachfolgende Bearbeitung oder Formgebung erzeugt werden.

Nachteile sind u.a. die gewöhnlich sehr hohen Ausrüstungskosten, ein Umstand, der die Größe der Teile begrenzt, auf die sich das Diffusionsschweißverfahren wirtschaftlich anwenden läßt. Außerdem verursacht die Notwendigkeit

30. 11. 1983

63 077 13

- 2 -

von Wärmezufuhr und der Anwendung einer hohen Kompressionskraft unter Vakuum oder Schutzatmosphäre ernste Probleme hinsichtlich der erforderlichen Ausrüstung und stellt somit eine wesentliche Einschränkung für die Anwendbarkeit des Verfahrens dar. Des weiteren wird behauptet, daß das Verfahren eine sehr sorgfältige und gründliche Oberflächenvorbehandlung verlangt und außerdem mehr Zeit erfordert als herkömmliche Verfahren.

Die Herstellung von Rohrleitungen für den Unterwassertransport von Gas und Öl erfolgt heute durch manuelles Zusammenschweißen von Rohrabschnitten oder mittels CO₂-Schweißautomat an Bord eines Verlegungsschiffes. Gewöhnlich erfolgt das Schweißen der Rohre an mehreren Stationen gleichzeitig, um die Verlegungsgeschwindigkeit zu erhöhen. Aus praktischen Erwägungen befinden sich die Stationen auf einer Waagerechten, und mehrere Schweißer können an jeder Station gleichzeitig schweißen. Das fertige Rohr wird achtern aus dem Schiff gelassen, und zwar über einen sogenannten "Stachel", der den Bruch des Rohres unmittelbar hinter dem Schiff verhindert und in einer S-Kurve hinunter auf den Meeresboden führt. In der verlegten Rohrleitung wird eine gewisse Spannung beibehalten. Aus diesem Grund muß das Verlegungsschiff Anker haben, durch die es sich beim Verlegen der Rohrleitung selbst vorwärts zieht. Diese Anker müssen von Zeit zu Zeit vor das Schiff vorbewegt werden, und zu diesem Zweck ist der Einsatz von Hilfsschiffen erforderlich.

Aus verschiedenen Gründen wäre es wünschenswert, die Rohrleitung vom Verlegungsschiff im allgemeinen senkrecht nach unten führen zu können, wobei die Rohrleitung in einem einzigen Bogen hinunter auf den Meeresboden gehen

30. 11. 1983

63 077 13

- 3 -

würde. Das würde u.a. zu einer besseren Kontrolle der Spannungen in der verlegten Rohrleitung führen. Anker und Hilfschiffe wären nicht mehr erforderlich, und an deren Stelle könnte die dynamische Positionierung des Verlegungsschiffes treten. Bei senkrechter Rohrleitungsanordnung auf dem Verlegungsschiff wäre indessen die Anwendung von mehr als einer Schweißstation schwierig. Bei den gegenwärtigen langsamen Schweißverfahren würde dabei keine ausreichende Verlegungsgeschwindigkeit erzielt werden, um für die Praxis von Interesse zu sein.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Diffusions-schweißverfahren zur Herstellung einer Rohrleitung für den Unterwassertransport von Gas und Öl bereitzustellen.

Erfindungsgemäß wird das technische Problem durch ein Verfahren des vorgenannten Typs gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Fuge zu Beginn die Form eines Hohlraumes erhält, dessen Höhe vom Außenrand zur Mitte im allgemeinen zunimmt und mindestens mit einer Anschlußleitung versehen ist, daß dem Hohlraum der Fuge während des Erwärmens zunächst ein inertes oder reduziertes Spülgas zugeführt wird, bis die Fuge entlang ihrer Peripherie dicht geschlossen ist, und daß der Hohlraum der Fuge dann über die Anschlußleitung unter Vakuum gesetzt werden kann und die Verbindung dann mit vorgegebener Ge-

30. 11. 1983

63 077 13

- 4 -

schwindigkeit zur weiteren Diffusionsschweißung zusammengepreßt wird.

Durch die angegebene Form der Fuge wird am Anfang des Verfahrens entlang der Peripherie der Fuge ein sehr hoher Anpreßdruck erzielt. Auf diese Weise kann entlang der Peripherie die Diffusion bei so niedrigen Temperaturen beginnen, daß eine Oxidation der Oberflächen vermieden wird. Das Spülen mit Inertgas verhindert den Sauerstoffzutritt und damit eine Oxidation. Bei Verwendung eines reduzierenden Gases können Oxide beseitigt werden, die sich eventuell zuvor auf den Oberflächen der Fuge gebildet haben. Ist die Fuge auf diese Weise entlang der Peripherie geschlossen, was daran erkenntlich ist, daß kein Spülgas mehr austritt, kann die Anschlußleitung an eine Vakuumquelle angeschlossen und die Verbindung unter Vakuum gesetzt werden. Dadurch werden Restgase beseitigt und Oxide und andere Verunreinigungen nach Temperaturanstieg bis zu einem gewissen Grade zersetzt. Durch Anpassung von Temperatur und Druck wird die Fuge schnell geschlossen, wonach in kurzer Zeit vollständiges Diffusionsschweißen stattfinden kann. Schnelles Zusammenpressen ist von Vorteil, da es höheren Druck in der Verbindungszone erzeugt. Das hängt mit der Kriechspannung des Werkstoffes zusammen, die mit der Verformungsgeschwindigkeit ansteigt.

Ein Merkmal der Erfindung besteht darin, dass mindestens eine der Bindungsflächen der Fuge am Außenrand geriffelt ist. Das gewährleistet ausreichendes Entweichen des Spülgases im Verlaufe der anfänglichen Verbindungsphasen.

Sehr vorteilhaft ist es außerdem, mindestens eine der Bindungsflächen der Fuge konkav zu gestalten. Dadurch wird beim abschließenden Zusammenpressen der Teile eine

30.11.1983

63 077 13

- 5 -

vorteilhafte Spannungsverteilung erzielt, was vollständiges Verschmelzen über die gesamte Verbindung gewährleistet.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, mindestens eine, vorzugsweise jedoch beide Bindungsflächen der Fuge konisch zu gestalten. Die konische Form läßt sich leichter mit ausreichender Exaktheit bearbeiten. Sind beide Flächen konisch, die eine konvex und die andere konkav, dann wird beim Zusammenpressen ein Selbsteinstelleffekt zwischen den Teilen erzielt. Eine derartige Flächenform bietet auch eine gute Gewähr für vollständiges Verschmelzen.

Zur Erhöhung des Kontaktdruckes in der Verbindungszone beim Zusammenpressen wird erfindungsgemäß eine Querschnittsreduzierung der Teile in der Verbindungszone empfohlen. Dadurch wird in der Verbindungszone ein Druck erzielt, der um ein Vielfaches höher ist als die einachsige Kriechspannung des Werkstoffes bei der herrschenden Temperatur. Das Resultat ist eine schnellere und bessere Diffusion.

Verwendet werden können mehrere verschiedene Inertspülgase. Vorzuziehen ist jedoch Helium, da es bei seiner Herstellung derart heruntergekühlt wird, daß es praktisch garantiert sauerstofffrei ist. Außerdem können handelsübliche und zuverlässige Heliumdetektoren benutzt werden, um zu prüfen, daß die Peripherie der Fuge absolut geschlossen ist, ehe Vakuum angewandt wird.

Wird stattdessen ein reduzierendes Spülgas verwendet, dann ist Wasserstoff sehr vorteilhaft. Es entfernt nicht nur jede Oxidschicht, sondern es ermöglicht auch durch Sichtprüfung festzustellen, ob die Fuge geschlossen ist. Entweichender Wasserstoff brennt nämlich auf der Oberfläche.

30.11. 1983

63 077 13

- 6 -

Auf die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zu verbindenden, relativ weichen Baustähle übt Wasserstoff keinerlei schädlichen Einfluß aus.

Erfindungsgemäß wird außerdem empfohlen, die Fuge mit einer aktivierenden Legierung, z. B. Palladium/Nickel im Verhältnis 60/40, zu versehen. Der Einsatz dieser Legierung kann als dünner Streifen erfolgen, oder die Legierung wird auf eine oder beide Bindungsflächen durch Elektroplattieren aufgebracht. Das bewirkt u.a. eine Verkürzung der Diffusionsdauer.

Die Anschlußleitung für die Spülgaszufuhr oder den Gasabzug zur Herstellung eines Vakuums kann vorteilhafterweise in einem der zu verbindenden Teile vorgesehen werden, und zwar vorzugsweise dicht am Außenrand des Teiles. Dadurch kann die Leitung unmittelbar nach dem Diffusionsschweißen, wenn die Temperatur der Teile noch hoch genug ist, z. B. 400 bis 600 °C, mittels Tiefschweißelektrode oder Plasma-WIG verschlossen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Verbindung von zwei Rohrabschnitten so schnell, daß eine ausreichende Verlegungsgeschwindigkeit erzielt werden kann, um die senkrechte Anordnung der Rohrleitung an Bord des Verlegungsschiffes anzuwenden und auf diese Weise die damit verknüpften Vorteile zu nutzen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend unter Bezugnahme auf die in den zugehörigen Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert werden.

30. 11. 1983

63 077 13

- 7 -

Fig. 1 und 2 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel zweier Teile zu Beginn bzw. nach Abschluß des Diffusionsschweißens.

Fig. 3 und 4 zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel der beiden Teile zu Beginn bzw. nach Abschluß des Diffusionsschweißens.

Fig. 5 und 6 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel zweier Teile zu Beginn bzw. nach Abschluß des Diffusionsschweißens.

Fig. 7 zeigt die Teile von Fig. 6 nach weiterem Zusammendrücken.

Entsprechende Teile sind in allen Figuren mit dem gleichen Bezugszeichen benannt.

Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen Teilbereich zweier Teile 1 und 2, bei denen es sich um Bolzen aus Baustahl, z. B. ST 52-3, handeln kann. Fig. 1 kann auch als Achsschnitt durch ein dickwandiges Rohr betrachtet werden, wobei sich die Achse des Rohres an der linken Seite der Figur befindet. Zwischen den Teilen 1 und 2 ist eine Fuge 3 ausgebildet, begrenzt durch eine konkav gekrümmte Bindungsfläche 4 an Teil 1 und eine ebene Bindungsfläche 5 an Teil 2. In Teil 1 ist eine Anschlußleitung 6 vorgesehen, die in dem Hohlraum 3 der Fuge mündet und mit ihrem anderen Ende wahlweise an eine Spülgas- und eine Vakuumquelle (nicht dargestellt) angeschlossen werden kann. Die Pfeile F bezeichnen eine einstellbare Druckkraft, während die Glockenkurve links von den Teilen 1 und 2 die axiale Temperaturverteilung in den Teilen angibt.

Sollen die Teile verbunden werden, bringt man sie zunächst

30. 11. 1983

63 077 13

- 8 -

in die in Fig. 1 dargestellte Position und wendet eine geeignete Druckkraft F an. Diese Kraft kann durch ein einfaches Spannpressensystem (nicht dargestellt) erzeugt werden, das beispielsweise aus einem Spannring um jedes der Teile 1, 2 bestehen kann, wobei die Spannringe durch Hydraulikzylinder miteinander verbunden sind. Je nach Form und Querschnitt der zu verbindenden Teile können selbstverständlich andere Druckerzeugungsmöglichkeiten vorgesehen werden. Anschließend beginnt das Erhitzen, z. B. mittels Induktionsspule (nicht dargestellt). Gleichzeitig wird durch die Anschlußleitung 6 Spülgas zugeführt. Das Spülgas tritt zunächst infolge von geringen Unregelmäßigkeiten oder Riffelungen auf den Bindungsflächen 4, 5 der Fuge 3 über den Außenrand 7 aus. Aufgabe des Spülens mit Gas ist das Fernhalten von Sauerstoff von den Fugenoberflächen, um deren Oxidation beim Erhitzen zu verhindern. Außerdem sollen dadurch möglicherweise Oxide, die bereits anwesend sein können, beseitigt werden. Ungeachtet der Gründlichkeit, mit der die Bindungsflächen 4, 5 vor dem Schweißen gereinigt worden sind, verursacht bereits eine kurze Einwirkung des Sauerstoffes der Luft eine Oxidschicht von 350 - 1000 Å, je nach Lufttemperatur und -feuchtigkeit.

Hat die Temperatur des Werkstoffes nahe dem Außenrand 7 der Fuge 600 bis 800 °C erreicht, beispielsweise mit einer Temperaturverteilung, wie sie in Fig. 1 links schematisch dargestellt ist, dann findet zwischen den Teilen 1, 2 unter einer geeigneten Druckkraft F eine Diffusion statt, und die Fuge 3 wird entlang des Außenrandes 7 geschlossen. Das Schließen der Fuge kann auf unterschiedliche Weise festgestellt werden, beispielsweise dadurch, daß kein Gas mehr aus der Fuge austritt, oder daß ein auf den Hohlraum 3 angewandter Druck nicht mehr abnimmt.

30. 11. 1983

63 077 13

- 9 -

Ist die Fuge auf diese Weise verschlossen, d. h. an ihrem Außenrand 7, verbindet man die Anschlußleitung 6 mit einer Vakuumquelle, wodurch der Druck in dem Hohlraum 3 auf etwa 10^{-4} Torr reduziert wird. Gleichzeitig wird die Temperatur der Teile 1, 2 auf eine Höchsttemperatur von etwa 1350°C gebracht, wie durch die Kurve links in Fig. 2 schematisch dargestellt. Bei entsprechender Druckkraft F wird die Fuge 3 innerhalb von Sekunden geschlossen. Vollkommen abgeschlossen ist das Diffusionsschweißen nach 15 bis 30 Minuten. (Abgeschlossenes Schweißen wurde jedoch schon nach so kurzen Diffusionszeiten wie 8 Minuten bei ca. 1350°C erzielt). Das Ergebnis ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Danach werden die Teile in unbewegter Luft auf ca. 600°C heruntergekühlt. Das dauert bei 40 mm starkem Material ungefähr 4 Minuten. Bei dieser Temperatur kann dann die Anschlußleitung 6 beispielsweise mittels Tiefschweißelektrode oder durch Plasma-WIG-Schweißen verschlossen werden.

Figur 3 zeigt zwei Teile 1 und 2, deren äußere Form im großen und ganzen der in Fig. 1 dargestellten entspricht. Die Schweißfuge 3 hat hier jedoch eine andere Form. Beide Bindungsflächen 4 und 5 sind konisch, und zwar die eine konkav und die andere konvex. Die Scheitelwinkel sind unterschiedlich, so daß die Verbindung zur Mitte hin zunehmende Dicke aufweisen wird. Der Abstand zwischen den Scheitelpunkten der Fugenoberflächen kann bis zu ca. 10 % von der Dicke der Teile 1, 2 betragen. Die konische Form der Bindungsflächen 4, 5 bewirkt Selbsteinstellvermögen der Teile 1, 2, wenn diese zusammengepreßt werden. Die konische Form trägt auch dazu bei, daß ungenügende Diffusion in der Mitte der Fuge vermieden wird. Eine derartige ungenügende Diffusion kann leicht vorkommen, wenn die untere Bindungsfläche 5 eben und die obere Bindungsfläche 4

30. 11. 1983

63 077 13

- 10 -

konisch konkav ist.

Die Verbindung der Teile 1, 2 geschieht sonst in gleicher Weise, wie unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 beschrieben. Das Endresultat ist in Figur 4 schematisch dargestellt.

Ein sehr wichtiger Parameter beim Diffusionsschweißen ist der Druck, der sich schwer kontrollieren läßt. Laut Handbuch des Schweißens, das weiter vorn genannt worden ist, wird davon ausgegangen, daß der Druck über die einachsige Kriechspannung des Materials hinaus nicht erhöht werden kann, und zwar bei der zu jedem Zeitpunkt herrschenden Temperatur, ohne daß Formen zum Verhindern von Drift verwendet werden. Die Anwendung derartiger Formen ist hinderlich und verursacht Kostenanstieg. Bei einigen Einsatzfällen können derartige Formen wegen mangelnder Zugänglichkeit nicht angewandt werden. Da die Diffusionsgeschwindigkeit im allgemeinen mit dem Quadrat des Druckes zunimmt, könnte die Diffusionszeit durch Erhöhen des Druckes auf das Doppelte oder Dreifache der Kriechspannung auf ein Viertel bzw. ein Neuntel der entsprechenden Diffusionszeit bei einachsigem Druck reduziert werden. Es könnten aber auch wesentlich mehr Oxide auf den Fugenoberflächen geduldet und damit eventuell das Spülen der Fuge mit einem reduzierenden Gas weggelassen werden.

Erfindungsgemäß soll zur Erzielung derartig hoher Drücke ein dreiachsiger Spannungszustand im Fugenbereich hergestellt werden. Bekanntlich tritt bei der Zerreißprüfung dickerer Prüfstäbe durch Scherverformung Kontraktion auf, und schließlich findet in der Mitte Spaltbruch statt. Dieser Spaltbruch wird dadurch verursacht, daß die Axialspannung in der Mitte sehr viel höher ist als die Streckgrenze des Materials und das Material zu beiden Seiten der

30. 11. 1983

63 077 13

- 11 -

Kontraktion durch Radialspannungen zurückgehalten wird. Aus diesem Grunde erhöht sich die Axialspannung, während das Fließen, wenn die Differenz zwischen Axial- und Radialspannung kleiner als die Streckgrenze wird, abklingt (Trescas-Prinzip).

Erfindungsgemäß soll das Dreiachsenphänomen dadurch genutzt werden, daß die Teile 1, 2 im Fugenbereich eine wesentliche Verjüngung im Vergleich zum angrenzenden Material erhalten. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist in Figur 5 dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird Wasserstoff als Spülgas verwendet, was durch die Flammen am Außenrand der Fuge angedeutet werden soll.

Verschwinden die Flammen, dann weiß man, die Fuge ist geschlossen. Das heißt, in diesem Fall ist die Benutzung irgendeines Nachweisgerätes nicht erforderlich. Nach Reduktion und Schließen der Fuge am Rand wird die Verbindung unter Anwendung der vollen Druckkraft bei einem sehr komplexen Spannungsbild von dynamischem Charakter vollendet. Der dreiachsige Spannungszustand genau zum Zeitpunkt des Schließens der Fuge ergibt infolge der Verjüngung und des relativ kalten Umgebungsmaterials Spannungen quer zur Fuge, die das 5- bis 6fache der Kriechspannung bei gleichmäßig dicken Teilen betragen. Diese Situation ist in Fig. 6 dargestellt. Anschließend werden die Teile mit relativ geringer Kraft zusammengepreßt, bis sie über die gesamte Länge im großen und ganzen den gleichen Querschnitt haben. Das geht aus Figur 7 hervor.

Die korrekte Form der geschweißten Teile wurde auf diese Weise ohne die Anwendung einer Außenform eines sehr hohen Kontaktdruckes in der entscheidenden Phase und einer

30. 11. 1983

63 077 13

- 12 -

Verteilung von Oxiden erzielt, die eventuell auf der doppelten Fläche oder mehr anwesend waren, jedoch mit entsprechender Verdünnung der Oxidschicht und zunehmender Globoidalumwandlung, einschließlich beschleunigter Umkristallisation.

Nach Erreichen der verlangten Dicke kann die Druckkraft weggenommen werden. Diffusionszeit und -temperatur werden bis zum Schließen der restlichen Poren durch Umkristallisation gehalten. Wird eine viel schnellere Verbindung verlangt, dann ist dies durch Elektroplattieren der Fugenoberflächen oder durch Einlegen eines aktivierenden Legierungsstreifens, z. B. Pd/Ni im Verhältnis 60/40, möglich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann selbstverständlich auch für andere Zwecke als zur Herstellung großer Rohrleitungen vorteilhaft genutzt werden. So kann es beispielsweise zum Schweißen von Knotenpunkten in Fachwerkbrücken und Unterwasserkonstruktionen Anwendung finden.

Weiter vorn wird aufgeführt, daß eine oder beide Bindungsflächen der Fuge am Außenrand geriffelt sein können, um das Entweichen des Spülgases während der ersten Phasen des Schweißens zu gewährleisten. In bestimmten Fällen kann die Anwendung einer leichten Riffelung auf der gesamten Bindungsfläche von Vorteil sein. Eine derartige Riffelung liefert bei späterer Ultraschallprüfung ein Echo, wenn die Verbindung nicht vollständig verschmolzen ist.

30. 11. 1983

63 077 13

- 13 -

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zum Zusammenfügen von Metallteilen durch Diffusionsschweißen, welches die folgenden Schritte umfaßt:
 - Herstellung einer Fuge zwischen einander gegenüberliegenden Oberflächen an den entsprechend zusammenzufügenden Teilen,
 - Erhitzung der Teile auf eine vorbestimmte Temperatur, zumindest an den an die Fuge angrenzenden Gebieten,
 - Zusammenfügen der Teile durch Zusammenpressen derselben,
 - Kühlen der Teile,gekennzeichnet dadurch, daß der Fuge anfänglich die Form einer Vertiefung gegeben wird (3) mit ansteigender Höhe von der Peripherie (7) aus in Richtung auf die Mitte, wobei mindestens eine Verbindungsleitung (6) angebracht ist, so daß die Vertiefung (3) der Fuge während des Erhitzens zuerst mit einem inerten oder reduzierenden Spülgas beliefert wird, solange bis die Fuge entlang der Peripherie (7) eng verschlossen ist, so daß die Vertiefung (3) der Fuge danach über die Verbindungsleitung (6) unter Vakuum gesetzt werden kann, und daß danach die Fuge zum weiteren Diffusionsschweißen mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit zusammengepreßt werden kann.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens einer der angrenzenden Oberflächen (4) der Fuge eine konische Form gegeben wird.
3. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens einer der angrenzenden Oberflächen (4) der

30. 11. 1983

63 077 13

- 14 -

Verbindung eine konische Form gegeben wird.

4. Verfahren nach Punkt 3, gekennzeichnet dadurch, daß beiden der angrenzenden Oberflächen (4; 5) der Verbindung eine konische Form gegeben wird, der einen (4) eine konkave Form und der anderen (5) eine konvexe Form.
5. Verfahren nach einem vorhergehenden Punkt, gekennzeichnet dadurch, daß als inertes Gas Helium verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß als reduzierendes Gas Wasserstoff verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Punkte, gekennzeichnet dadurch, daß die Verbindungsleitung (6) in einem der Teile (1) angebracht ist, vorzugsweise nahe der Peripherie.
8. Verfahren zum Zusammenfügen von Metallteilen durch Diffusionsschweißen, welches die folgenden Schritte umfaßt:
 - Herstellung einer Verbindung zwischen einander gegenüberliegenden Oberflächen an den entsprechend zu verbindenden Teilen,
 - Erhitzung der Teile auf eine vorbestimmte Temperatur, zumindest an den an die Verbindung angrenzenden Gebieten,
 - Verbindung der Teile durch Zusammenpressen derselben,
 - Kühlen der Teile,

30. 11. 1983

63 077 13

- 15 -

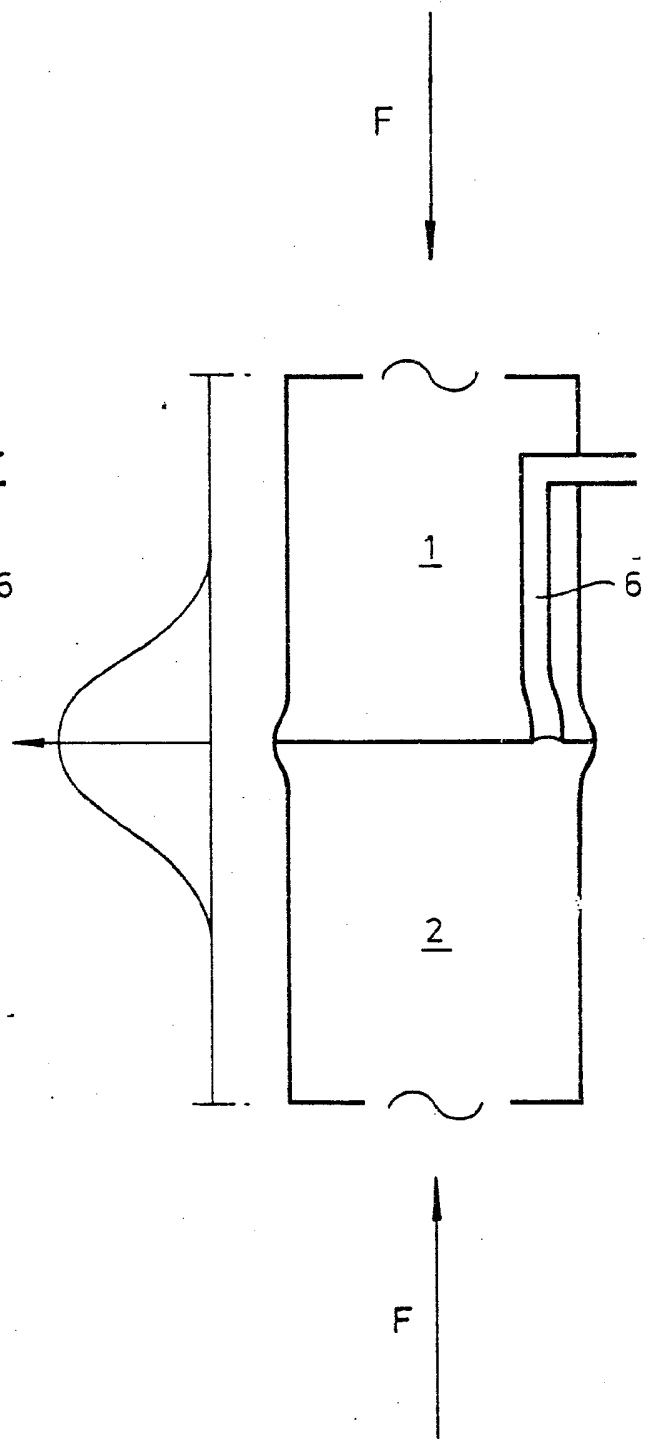
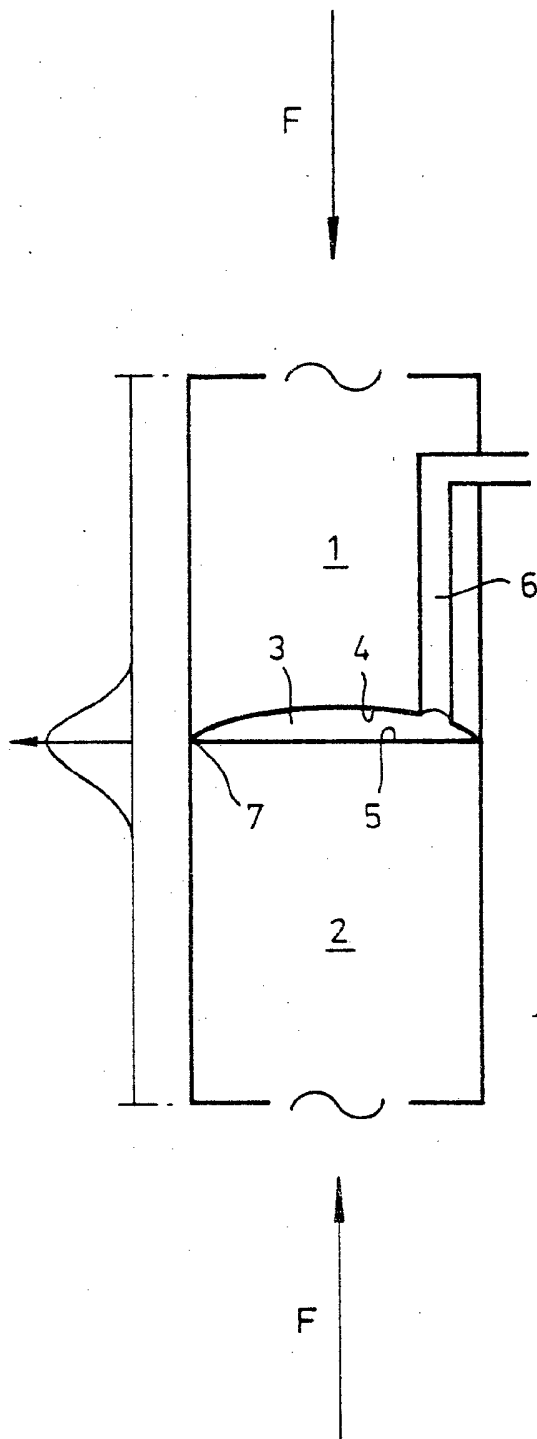
gekennzeichnet dadurch, daß den Teilen (1; 2) an den verbundenen Flächen ein reduzierter Querschnitt gegeben wird.

9. Verfahren nach einem vorhergehenden Punkt, gekennzeichnet dadurch, daß der Knotenpunkt mit einer aktivierenden Legierung versehen wird.

10. Verfahren nach einem vorhergehenden Punkt, gekennzeichnet dadurch, daß mindestens eine der angrenzenden Oberflächen (4; 5) der Verbindung mindestens an der Peripherie (7) gezähnt ist.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

1/4



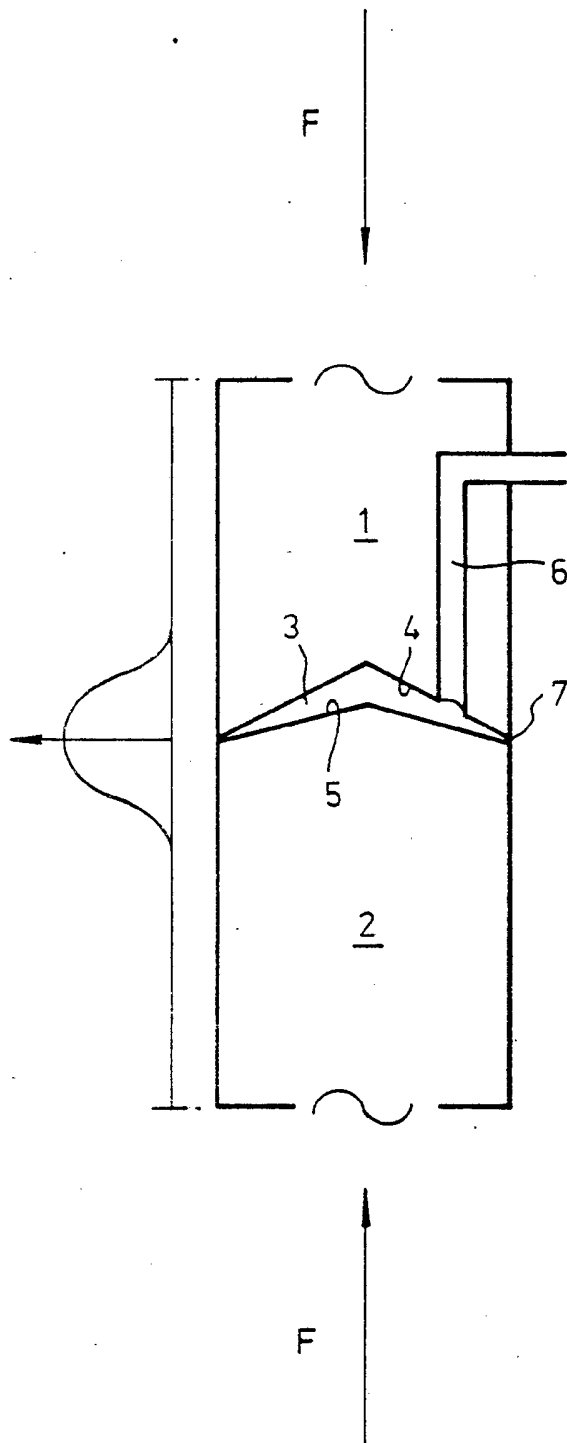


Fig. 3.

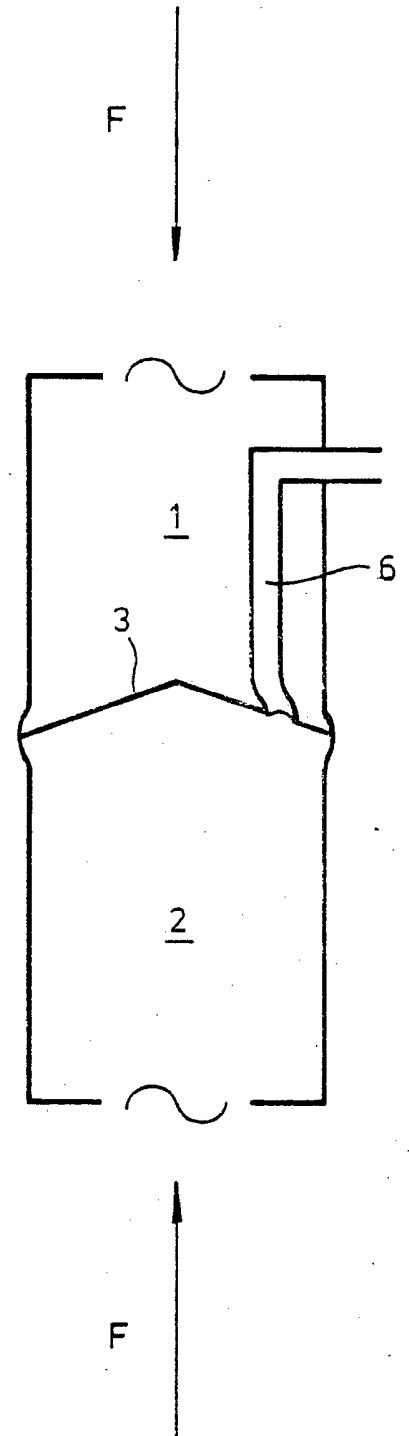


Fig. 4.

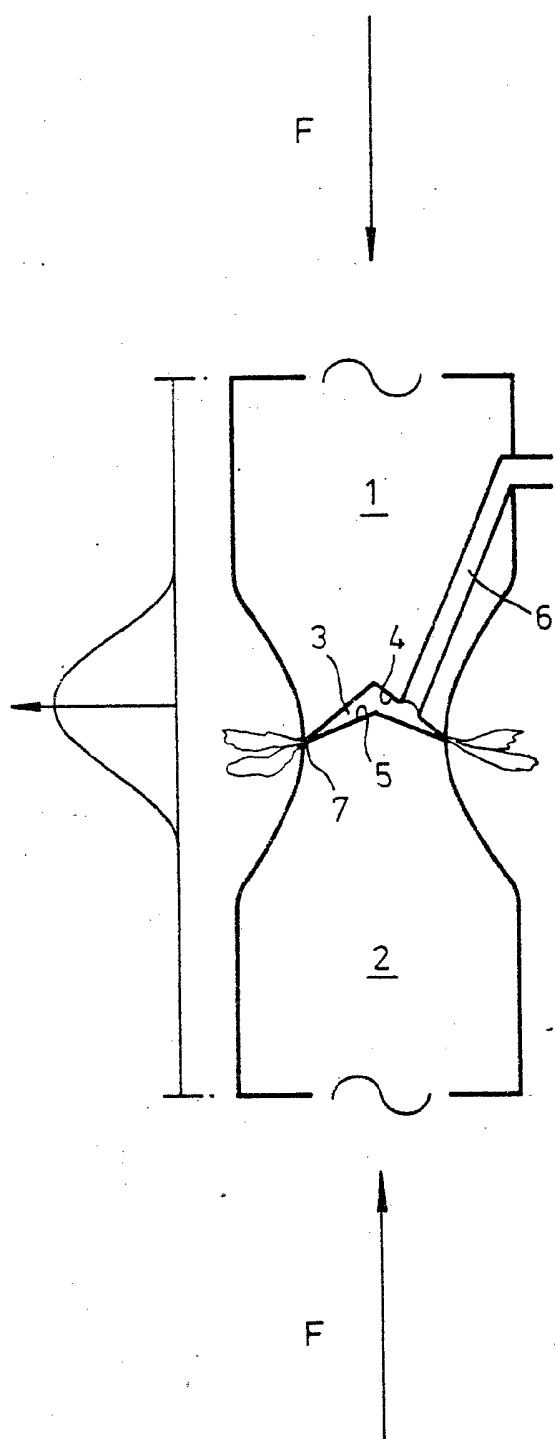


Fig. 5.

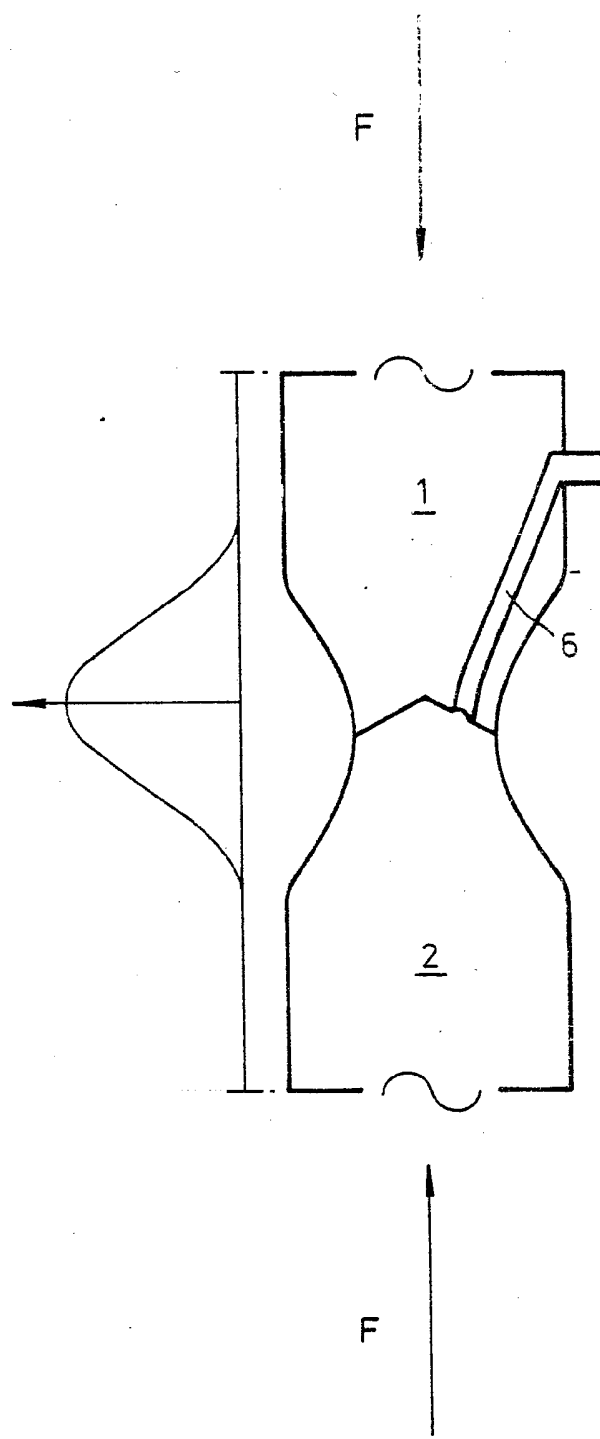


Fig. 6.

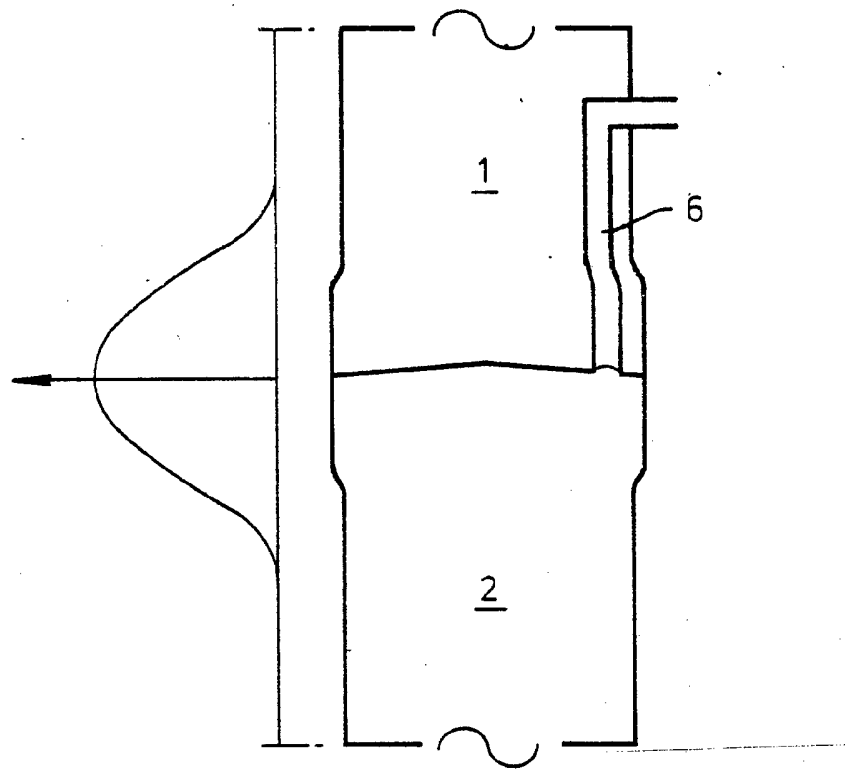


Fig. 7.