



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 44 36 366 A 1**

51 Int. Cl.⁸:
B 23 K 11/14

21 Aktenzeichen: P 44 36 366.4
22 Anmeldetag: 12. 10. 94
43 Offenlegungstag: 18. 4. 96

DE 44 36 366 A 1

71 Anmelder:
Glamatronic Schweiß- und Anlagentechnik GmbH,
45964 Gladbeck, DE

74 Vertreter:
Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Cohausz, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte; Hase, S., Dr.jur., Rechtsanwalt, 40237
Düsseldorf; Hannig, W., Dipl.-Ing. Pat.-Ing., 12489
Berlin; Lenzing, A., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.,
Pat.-Anwälte, 40237 Düsseldorf

72 Erfinder:
Kniat, Hans-Josef, 44267 Dortmund, DE

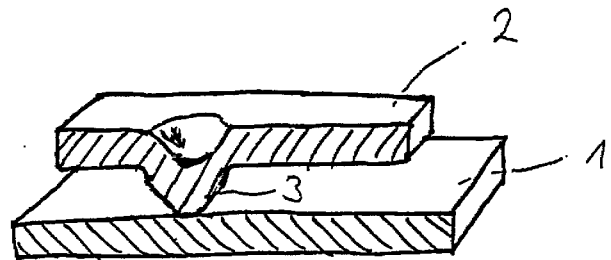
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

- DE 23 62 520 C2
- DE 43 33 283 A1
- DE 41 33 317 A1
- DE 28 40 194 A1
- DE 27 28 480 A1
- DE 26 57 889 A1
- US 47 89 768
- US 47 34 555

LEHMKUHL, Bernhard;
u.a.: Fortschritte in der Pro- zeßdatenerfassung und
Prozeßdatenverarbeitung beim
Widerstandspreßschweißen. In: Schweißen und
Schneiden 42, 1990, H.1, S.28-29;
DVS-Merkblätter Widerstandsschweißtechnik,
Bd.68, 2.Aufl., S.52-58;

54 Vorrichtung und Verfahren zum Buckelschweißen

57 Die Erfindung betrifft eine Buckelschweißmaschine mit
einer Steuerung für den Schweißparameter Schweißenergie
und einer Steuerung für den Schweißparameter Anpreßkraft
der Elektroden an miteinander zu verschweißende Teile,
wobei eine Höhenmeßvorrichtung vorgesehen ist, die das
Gesamthöhenmaß der zu verschweißenden Teile in der
Anpreßrichtung bestimmt, und die mit wenigstens einer der
Steuerungen so verbunden ist, daß die wenigstens eine
Steuerung in Abhängigkeit von dem ermittelten Gesamthö-
henmaß den Schweißparameter einstellen kann.



DE 44 36 366 A 1

Das Buckelschweißen ist eine bekannte Art des Verschweißens von Bauteilen, siehe hierzu z. B. die DE 43 33 283 A1 sowie das Merkblatt DVS 2905 des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V., "Buckelschweißen von unlegiertem Stahl". Die zu verschweißenden Bauteile liegen dabei aneinander an, wobei die Kontaktfläche durch einen Buckel in Gestalt eines Einzelbuckels, eines Langbuckels, eines Ringbuckels oder einer sonstigen kleinflächigen Kontaktstelle gebildet ist. Vor dem Verschweißen werden die Bauteile großflächig mit Elektroden in Verbindung gebracht und mit einer gewissen Kraft aufeinander gepreßt.

Zum Verschweißen der Bauteile wird über die Elektroden ein Stromimpuls auf die Bauteile gegeben, wobei im Bereich der kleinflächigen Kontaktstelle zwischen den beiden Bauteilen die Stromdichte am höchsten wird und dadurch sich das Material an diesen Stellen besonders aufheizt. Im Bereich der Kontaktstelle schmilzt daraufhin das Metall der zu verschweißenden Bauteile und die Bauteile werden durch den Anpreßdruck der Elektroden aufeinanderzu bewegt. Im Bereich des Buckels verschmilzt dann das Material des einen Bauteils mit dem Material des anderen Bauteils, wobei der Buckel selbst teilweise oder vollständig verschwindet. Dieses Schweißverfahren ist insbesondere für die Massenproduktion von zusammengeschweißten Bauteilen vorteilhaft, weil der Schweißvorgang aufgrund des Stromimpulses sehr schnell vor sich geht, so daß das gesamte Bauteil nahezu kalt bleibt. Außerdem sind die Betriebskosten von Buckelschweißmaschinen weitaus geringer als diejenigen vergleichbarer anderer Schweißverfahren.

Bei den bekannten Buckelschweißverfahren sind die Schweißparameter Strom, Anpreßdruck und Stromzeit üblicherweise einstellbar, weil einerseits die für das insgesamt aufzuschmelzende Volumen des Buckels erforderliche elektrische Energie eingestellt werden muß und andererseits die Elektroden die Bauteile beim Aufschmelzen des Buckels schnell genug zusammen führen müssen.

Bei den bekannten Verfahren wird deshalb für eine bestimmte herzustellende Schweißverbindung ein optimaler Parametersatz eingestellt und im Verlauf einer ganzen Serie von Buckelschweißungen (bei der Massenproduktion) beibehalten.

Gerade bei der Massenproduktion hat es sich jedoch als nachteilig herausgestellt, daß die Toleranzen der zu verschweißenden Teile sich addieren, so daß bei zunehmender Anzahl der zu verschweißenden Teile die Gesamttoleranz des fertigen Bauelements unerwünscht hoch wird. Wenn also ein Bauteil beispielsweise aus drei Komponenten zusammengeschweißt werden soll und eine gewisse Toleranz im Endmaß in der Schweißrichtung eingehalten werden soll, so müssen die einzelnen Toleranzen der Einzelteile vor dem Verschweißen wesentlich geringer sein als die angestrebte Endtoleranz. Diese von den Einzelteilen geforderte Fertigungsgenauigkeit erhöht den Preis dieser Einzelteile.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Buckelschweißen zu schaffen, bei denen die Toleranzen des verschweißten Bauteils geringer sind.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

Weil bei der Buckelschweißmaschine eine Höhen-

meßvorrichtung vorgesehen ist, die das Gesamthöhenmaß der zu verschweißenden Teile in der Anpreßrichtung bestimmt, und die mit wenigstens einer der Steuerungen so verbunden ist, daß die wenigstens eine Steuerung in Abhängigkeit von dem ermittelten Gesamthöhenmaß den Schweißparameter einstellen kann, kann der betreffende Schweißparameter gerade so eingestellt werden, daß die Bauteile nach dem Verschweißen das angestrebte Gesamthöhenmaß aufweisen. Dabei ist unter Gesamthöhenmaß nicht unbedingt eine Höhe zu verstehen, sondern vielmehr eine wichtige, kennzeichnende Abmessung im wesentlichen in Richtung des Schmelzweges.

Eine einfache Bauweise ergibt sich, wenn die Höhenmeßvorrichtung den Schweißelektroden unmittelbar zugeordnet ist. Bei dieser Konfiguration kann nämlich das Gesamthöhenmaß unmittelbar vor dem Verschweißen bestimmt werden, während die Elektroden schon auf den zu verschweißenden Bauteilen aufliegen.

Bei bestimmten Anwendungsarten ist es vorteilhaft, wenn die Höhenmeßvorrichtung der Buckelschweißmaschine vorgeschaltet ist, so daß bei der serienmäßigen Produktion von Schweißteilen die Höhenmeßvorrichtung von der Buckelschweißmaschine separat angeordnet ist, ihre ermittelten Daten aber an die Schweißmaschine abgibt, so daß letztere die Verschweißung der Bauteile mit den Parametern vornehmen kann, die zum Erreichen des angestrebten Gesamthöhenmaßes nötig sind.

Schließlich ist es auch denkbar, daß die zu verschweißenden Bauteile in ihrem Gesamthöhenmaß an einem anderen Ort vermessen werden und entsprechend codiert werden, beispielsweise mit Barcodes. Bei der Schweißmaschine wäre dann ein entsprechender Barcodeleser vorzusehen, der die gespeicherte Information über das Gesamthöhenmaß erfaßt und der Steuerung der Schweißmaschine die entsprechenden Informationen zur Verfügung stellt. Die Steuerung kann dann die Schweißparameter so einstellen, daß das angestrebte Höhenmaß nach der Verschweißung erreicht wird.

Je nach Einsatzbereich und angestrebter Genauigkeit des Schweißergebnisses kann die Buckelschweißmaschine mit einem induktiven Wegaufnehmer, mit einem optischen Wegaufnehmer oder mit anderen Wegaufnehmern zur Ermittlung des Gesamthöhenmaßes ausgestattet werden. Es sind aber auch andere Wegaufnehmer denkbar, beispielsweise resistiver Bauart.

Die Lösung der oben gestellten Aufgabe wird bei dem Verfahren zum Buckelschweißen dadurch erreicht, daß die zu verschweißenden Teile zunächst in der Schweißposition zueinander positioniert werden, daß dann das Gesamthöhenmaß der unverschweißten Teile ermittelt wird, das Ergebnis des ermittelten Gesamthöhenmaßes wird an eine Steuerung abgegeben, und es werden die zum Verschweißen auf das angestrebte Endmaß geeigneten Parameter für die Schweißenergie und/oder den Anpreßdruck bestimmt. Letztlich werden die Bauteile unter Verwendung der geeigneten Parameter verschweißt.

Eine Erfolgskontrolle des Schweißvorganges unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ermöglicht, wenn nach dem Verschweißen der Teile das Gesamthöhenmaß der verschweißten Teile ermittelt wird.

Die Bestimmung der Abweichung des Gesamthöhenmaßes der verschweißten Teile von dem angestrebten Endmaß ist eine weitere vorteilhafte Art der Erfolgskontrolle.

Es ist insbesondere vorteilhaft, wenn zusätzlich vorgesehen ist, daß eine Korrektur bei der Bestimmung der zum Verschweißen auf ein angestrebtes Endmaß geeigneten Parameter für Schweißenergie und/oder Anpreßdruck eingefügt wird, so daß die ermittelte Abweichung des Endmaßes der verschweißten Teile von dem angestrebten Gesamthöhenmaß minimiert werden kann. Es handelt sich in diesem Fall um ein rückgekoppeltes Verfahren, das auch als lernfähig oder selbstoptimierend bezeichnet werden kann.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Einzelbuckel vor dem Verschweißen in einer schematischen Darstellung im Querschnitt und

Fig. 2 den Einzelbuckel gem. Fig. 1 nach dem Verschweißen; und

Fig. 3 einen aus drei Einzelteilen zusammengesetztes Bauteil vor dem Verschweißen.

In der Fig. 1 ist im Querschnitt dargestellt wie zwei Bauteile vor dem Verschweißen zueinander angeordnet sind. Eine Unterlage 1 soll mit einem Blechteil 2 verschweißt werden, das auf seiner der Unterlage 1 zugewandten Seite einen eingepprägten Buckel 3 trägt. Das Gesamthöhenmaß der zu verschweißenden Teile setzt sich also zusammen aus der Dicke der Unterlage 1, der Dicke des Blechs 2 und der Höhe des eingepprägten Buckels 3.

Der nach dem Verschweißen der beiden Bauteile erreichte Zustand ist in der Fig. 2 dargestellt, in der die Unterlage 1 und das Blech 2 im Bereich des Buckels miteinander verschmolzen worden sind, wobei der Buckel zum großen Teil aufgeschmolzen wurde. Die Gesamthöhe des verschweißten Bauteils setzt sich zusammen aus der Dicke der Unterlage 1, der Dicke des Blechs 2 und dem Rest des Buckels 3. Die Differenz zwischen der Höhe der unverschweißten Teile und der Höhe der verschweißten Teile ist also gleich dem sogenannten Schmelzweg des Buckels.

Der Schmelzweg hängt von der beim Verschweißen eingesetzten Energie wie folgt ab:

Eine bestimmte Energie ist in der Lage, eine bestimmte Menge des zu verschweißenden Materials aufzuschmelzen. Die aufgeschmolzene Materialmenge in Abhängigkeit von der Energie bestimmt sich aus der Temperaturdifferenz, die zum Erreichen des Schmelzpunktes des Materials zu überwinden ist, sowie aus der spezifischen Wärmekapazität des Materials. So wird mit einer bestimmten Energiemenge eine bestimmte Masse des zu verschweißenden Materials aufgeschmolzen, und diese Masse befindet sich im Bereich der höchsten Stromdichte, d. h. in der Nähe der Kontaktstelle zwischen der Unterlage 1 und dem Buckel 3. Aufgeschmolzen wird dabei der Teil des Buckels, der sich von der Kontaktstelle hin zu dem Blech 2 erstreckt. Die aufgeschmolzene Masse ist dann bei homogenen Material proportional zum aufgeschmolzenen Volumen und letzteres hängt wiederum lediglich über die Geometrie des Buckels von dem Schmelzweg ab. Folglich ist über eine Steuerung der eingesetzten Energie der Schmelzweg eindeutig bestimmt. Gewisse Randbedingungen, wie zum Beispiel der Anpreßdruck der Teile 1 und 2 aneinander sowie die Schnelligkeit, mit der die Elektroden beim Aufschmelzen nachgeführt werden können, beeinflussen zwar den Schmelzweg, was aber im beschriebenen Zusammenhang nicht wesentlich ist.

In der Fig. 3 ist nun ein komplexeres Bauteil dargestellt, beispielsweise ein Schraubanschluß einer Filter-

patrone aus drei Bauteilen, nämlich einem Gehäuse 10, einer Halterung 11 und einem Gewindestutzen 12.

Die Halterung 11 weist dem Gehäuse 10 stirnseitig zugewandte Buckel 13 auf, und der Gewindestutzen 12 weist seinerseits Buckel 14 auf, die der Halterung 11 zugewandt sind.

Wenn nun für dieses komplexe Bauteil eine bestimmte Höhe H zwischen der Innenseite des Gehäuses 10 in der Nähe der Öffnung und der äußeren Fläche des Gewindestutzens 12 angestrebt wird, so geht in die Ungenauigkeit der Höhe H des verschweißten Endprodukts die Toleranz jedes einzelnen Bauteils, also des Gehäuses 10, der Halterung 11 und des Gewindestutzens 12 ein. Die typische Toleranz solcher Bauteile aus preisgünstiger Produktion beträgt etwa 0,2 mm pro Bauteil. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Bauteil kann es also durchaus zu Schwankungen der Höhe H $3 \times 0,2 \text{ mm} + 0,1 \text{ mm}$ Schmelzwegtoleranz kommen, was in manchen Anwendungsbereichen zu nicht mehr brauchbaren Ergebnissen führt.

Eine Lösung dieses Problems kann sein, die Einzelteile mit einer besseren Maßhaltigkeit zu produzieren, was jedoch deren Preis unerwünscht verteuert. Eine andere Lösung bietet das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Buckelschweißmaschine. Es ist nämlich nun möglich, die im unverschweißten Zustand, aber in der korrekten Position übereinandergelegten Bauteile 10, 11 und 12 in ihrem Gesamthöhenmaß zu bestimmen und aus der Differenz zwischen dem Gesamthöhenmaß und dem angestrebten Endmaß denjenigen Schmelzweg zu berechnen, der zu dem erwünschten Ergebnis führt.

Aus dem ermittelten Schmelzweg kann dann in Kenntnis der Gestalt der Schweißbuckel die aufzuwendende Gesamtenergie beim Verschweißen der Einzelteile bestimmt werden. Sodann werden die Einzelteile zwischen den Elektroden zusammengepreßt und mit einem kräftigen Strom beaufschlagt, der, wie oben beschrieben zu der Erschmelzung der Schweißbuckel im Bereich des geringsten Querschnitts führt. Die Schweißelektroden werden dabei nachgeführt, so daß die Bauteile aufeinander zubewegt werden.

Bei dem bevorzugten Schweißverfahren für diese Anwendungen handelt es sich um das Kondensatorentladungsschweißverfahren, also ein Impulsschweißverfahren, bei dem die gesamte Ladung eines Schweißkondensators in einem Impuls an das Werkstück abgegeben wird. Es handelt sich dabei um Impulsdauern in der Größenordnung von 10 Millisekunden und Ströme bis zu einigen hundert Kiloampere. Die auftretenden Impulsenergien liegen in der Größenordnung von unter einem Kilojoule bis etwa einhundert Kilojoule.

Weil das erschmolzene Volumen in der oben beschriebenen Weise von der Impulsenergie abhängt, ist die Reproduzierbarkeit des Schmelzweges sehr gut, d. h. sie liegt bei ungefähr 0,05 mm. Wenn nun bei dem erfindungsgemäßen Schweißverfahren das Gesamthöhenmaß der zu verschweißenden Teile sehr genau bestimmt wird, so ist es durchaus möglich, daß bei einer Toleranz des Gesamthöhenmaßes der unverschweißten Bauteile durch das erfindungsgemäße Verfahren nach den Verschweißen Werkstücke erzeugt werden, die mit einer Toleranz von 0,05 bis 0,1 mm behaftet sind.

Es ist also mit der erfindungsgemäßen Buckelschweißmaschine und unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, ein Endprodukt zu verschweißen, dessen Höhentoleranz geringer ist, als die Toleranz der einzelnen Bauteile. Folglich ist ein sehr

gutes Schweißergebnis erreichbar, auch wenn die einzelnen Bauteile mit einer an sich unzureichenden Maßhaltigkeit gefertigt werden, so daß man auch bei höheren Anforderungen an die Maßhaltigkeit des Endprodukts mit preiswerten Komponenten bauen kann. Kostenvorteile ergeben sich angesichts dieser Konstellation insbesondere bei der Massenherstellung von Bauteilen.

Bei nicht bekannten Geometrien der Schweißbuckel kann es erforderlich sein, daß Schweißergebnis nach einer Schweißung nochmals zu überprüfen. Dazu kann eine Höhenmeßvorrichtung zum Einsatz kommen, die direkt mit den Schweißelektroden gekoppelt ist. Es kann also bei positionierten und verschweißten Bauteilen das Schweißelektrodenpaar an die Bauteile herangeführt werden, diese werden dann zusammengepreßt und ein mit den Elektroden gekoppelter Wegaufnehmer erfaßt das Gesamthöhenmaß der unverschweißten Bauteile. Sodann wird, möglicherweise anhand einer Näherungsformel, der zum Erreichen des gewünschten Endmaßes erforderliche Schmelzweg bestimmt. Die hierfür erforderliche Energiemenge wird errechnet und in die Schweißkondensatoren geladen. Nun wird der Schweißimpuls ausgelöst, wobei die der Schweißenergie entsprechende Materialmenge aufgeschmolzen wird. Gleichzeitig werden die Elektroden nachgeführt, so daß die Bauteile sich aufeinander zubewegen, diese miteinander verschweißt werden, und andererseits die Schweißelektroden immer einen guten, flächigen, elektrischen Kontakt zu den Bauteilen aufrecht erhalten.

Nach beendeten Schweißvorgang kann eine zweite Bestimmung des Höhenmaßes erfolgen, wodurch die Abweichung des Ist-Maßes vom Soll-Maß bestimmt wird. Wenn die Abweichung deutlich wird, kann daraufhin die zur Berechnung der nötigen Schweißenergie benutzte Formel korrigiert werden. Dadurch werden auch bei unzureichender Kenntnis der Geometrie der Schweißbuckel nach wenigen Schritten gute Schweißergebnisse erreicht.

Bei einer Ausführungsform, die weniger aufwendig ist, werden die zu verschweißenden Bauteile auf einem Förderer vorpositioniert und der Schweißmaschine zugeführt, wobei eine der Schweißmaschine vorgeschaltete Höhenmeßvorrichtung das Gesamthöhenmaß bestimmt. Die Schweißmaschine erhält dann von dem Förderer die zu verschweißenden Bauteile zusammen mit der Information, um welches Maß die Bauteile verschweißt werden müssen.

Daraufhin wird wieder die entsprechende Schweißenergie eingestellt und das Bauteil wird verschweißt. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für eine Massenproduktion bei höherem Durchsatz, wobei die Endgenauigkeit nicht ganz so hoch ist, wie bei dem rückgekoppelten System.

Das geschilderte erfindungsgemäße Verfahren kann selbstverständlich auch bei Buckelschweißmaschinen angewendet werden, die nicht auf dem Kondensatorentladungsprinzip basieren.

Alle Schweißverfahren, bei welchen die Schweißparameter wiederholgenau eingestellt werden können, sind hierfür geeignet. Beispielsweise läßt sich der Schweißstrom beim Schweißen mit Mittelfrequenz genau und wiederholbar einstellen.

1. Buckelschweißmaschine mit einer Steuerung für den Schweißparameter Schweißenergie und einer

Steuerung für den Schweißparameter Anpreßkraft der Elektroden an miteinander zu verschweißende Teile, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Höhenmeßvorrichtung vorgesehen ist, die das Gesamthöhenmaß der zu verschweißenden Teile in der Anpreßrichtung bestimmt, und die mit wenigstens einer der Steuerungen so verbunden ist, daß die wenigstens eine Steuerung in Abhängigkeit von dem ermittelten Gesamthöhenmaß den Schweißparameter einstellen kann.

2. Buckelschweißmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhenmeßvorrichtung den Elektroden zugeordnet ist.

3. Buckelschweißmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhenmeßvorrichtung den Elektroden benachbart ist.

4. Buckelschweißmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhenmeßvorrichtung der Buckelschweißmaschine vorgeschaltet ist.

5. Buckelschweißmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhenmeßvorrichtung mit wenigstens einem Wegaufnehmer versehen ist.

6. Verfahren zum Buckelschweißen, gekennzeichnet durch folgenden Schritte:

- Positionieren der miteinander zu verschweißenden Teile;
- Ermitteln des Gesamthöhenmaßes der unverschweißten Teile;
- Übergeben des ermittelten Maßes an eine Steuerung;
- Bestimmen der zum Verschweißen auf ein angestrebtes Endmaß geeigneten Parameter für Schweißenergie und/ oder Anpreßdruck;
- Verschweißen der Teile unter Verwendung der geeigneten Parameter.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Verschweißen der Teile folgender Schritt vorgesehen ist:

- Ermitteln des Gesamthöhenmaßes der verschweißten Teile.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich folgender Schritt vorgesehen ist:

- Einfügen einer Korrektur bei der Bestimmung der zum Verschweißen auf ein angestrebtes Endmaß geeigneten Parameter für Schweißenergie und/oder Anpreßdruck zur Minimierung der Abweichung.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

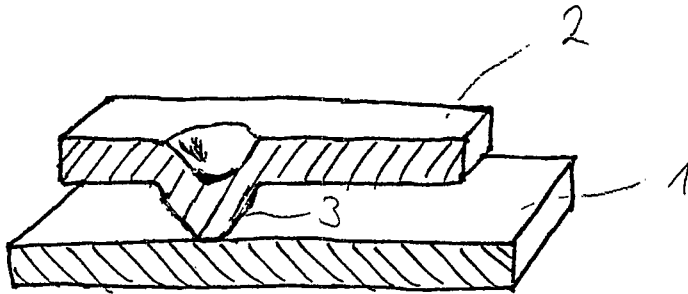


Fig. 1

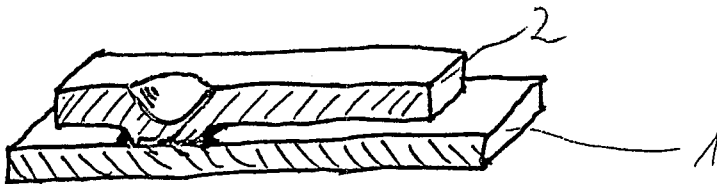


Fig. 2

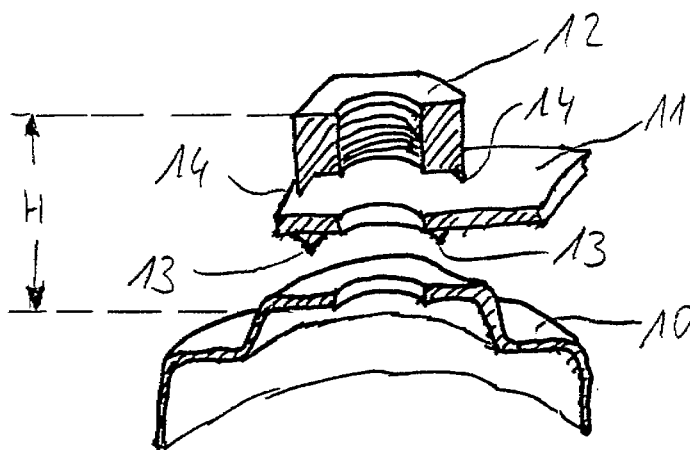


Fig. 3