



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 024 011 A1** 2009.12.17

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 024 011.7**

(22) Anmeldetag: **16.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **17.12.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F16L 9/14 (2006.01)**  
**B21C 37/08 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Erndtebrücker Eisenwerk GmbH & Co. KG, 57339  
Erndtebrück, DE**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Gesthuysen, von Rohr & Eggert,  
45128 Essen**

(72) Erfinder:

**Bockelmann, Markus, 57339 Erndtebrück, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

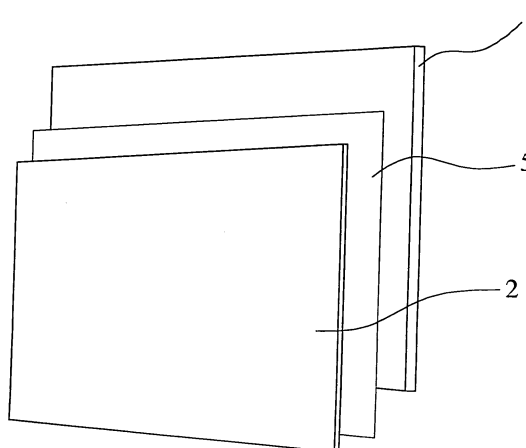
<b>DE</b>	<b>199 28 299</b>	<b>C2</b>
<b>DE</b>	<b>42 21 167</b>	<b>A1</b>
<b>AT</b>	<b>2 54 791</b>	<b>B</b>
<b>WO</b>	<b>2006/0 66 814</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2005/0 08 116</b>	<b>A2</b>
<b>US</b>	<b>17 12 090</b>	<b>A</b>

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr und Verfahren zur Herstellung eines längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohres**

(57) Zusammenfassung: Gegenstand der Erfindung ist ein längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr aus Metall, insbesondere aus Stahl, mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm, mit einer festen, druckbeständigen Außenlage (1), einer Dicke von mindestens 8 mm und einer dünnen, korrosionsbeständigen Innenlage (2), einer Dicke von mindestens 1 mm, wobei die Innenlage (2) mit der Außenlage (1) dauerhaft fest verbunden ist. Dieses zeichnet sich dadurch aus, daß die Innenlage (2) mit der Außenlage (1) mittels einer Lotmittellage (5) auf Zug und auf Scherung beanspruchbar im wesentlichen vollflächig verlötet ist. Gegenstand der Erfindung ist auch ein entsprechendes Herstellungsverfahren.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft zum einen ein längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Zum anderen betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohres mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 15.

**[0002]** Längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohre mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm sind generell aus Metallblechen herstellbar. Besondere Bedeutung haben längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohre aus Stahl mit erheblichen Durchmessern insbesondere in der Erdölindustrie und bei der Herstellung von großen Bauwerken aus Metall.

**[0003]** Das Problem besteht darin, daß in einem solchen Rohr in der Praxis Fluide, insbesondere Flüssigkeiten oder Gase strömen, die das Material des Rohrs angreifen, wenn es sich nicht um ein besonders widerstandsfähiges, insbesondere ein besonders korrosionsbeständiges Material handelt. Letzteres ist aber zum einen teuer, zum anderen schwierig zu verarbeiten, insbesondere bei größeren Wandstärken.

**[0004]** Seit Jahrzehnten ist es bereits bekannt, daß man längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohre dadurch kostengünstiger herstellen kann, daß man eine feste, druckbeständige Außenlage, z. B. aus typischem Kohlenstoff-Manganstahl, vorsieht und zum Zwecke des Schutzes der inneren Oberfläche dieser Außenlage dort eine dünne, korrosionsbeständige Innenlage aufbringt. Letztere besteht bei einem aus Stahl bestehenden Mehrlagenrohr zweckmäßigerweise aus nichtrostendem Edelstahl. Dadurch kann der Großteil der Masse des Mehrlagenrohres aus einem kostengünstigen Stahlwerkstoff hergestellt werden.

**[0005]** Entsprechende Anforderungen sind auch bei anderen Metallen, beispielsweise bei Aluminium, bekannt, wenn auch in der Praxis nicht so bedeutsam. Die vorliegenden Erläuterungen befassen sich daher primär mit Mehrlagenrohren aus Stahl insbesondere für die Erdöl-, Erdgas- und Off-Shore-Industrie. Grundsätzlich sind die Erläuterungen in dieser Anmeldung aber auch für längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohre aus anderen Metallen bedeutsam.

**[0006]** Wesentlich ist für die erfindungsgemäßen längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohre, daß die Innenlage mit der Außenlage dauerhaft fest auf Zug und auf Scherung beanspruchbar verbunden ist. Verfahren dazu sind seit Jahrzehnten bekannt (z. B. US-A 1,712,090). Es handelt sich hierbei um metallurgische Verfahren.

**[0007]** Bekannt sind auch mechanische Verfahren, die bis in jüngste Zeit umfangreich weiterentwickelt worden sind (z. B. WO-A-05/008116).

**[0008]** Sehr grundsätzlich, systematisch und umfassend beschrieben werden die derzeit bekannten einerseits metallurgischen, andererseits mechanischen Verfahren in der Dokumentation des American Petroleum Institute "Specification for CRA Clad or Lined Steel Pipe" (API Specification 5LD(SPEC 5LD), First Edition, January 1, 1993, issued by American Petroleum Institute). Auf diese grundsätzliche Ausarbeitung, die die Eigenschaften nahtloser sowie längsnahtgeschweißter Stahl-Mehrlagenrohre und die Einzelheiten der Herstellungsverfahren betrifft und umfangreich mit einer Vielzahl von Details und Maßangaben erläutert, wird hier für den technologischen Hintergrund der vorliegenden Angelegenheit in vollem Umfang verwiesen. Eine ausführliche Beschreibung der nach wie vor ausschließlich eingesetzten metallurgischen und mechanischen Verfahren gibt auch die WO-A-2006/066814.

**[0009]** Beim Aufbau eines längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohres kennt man zunächst eine vollflächige metallurgische Bindung, die als Ausgangshalbzeug ein plattiertes Verbundblech aus zwei metallischen Werkstoffen, insbesondere Stählen mit definierten Festigkeits- und Korrosionseigenschaften, benötigt. Ein solches Verbundblech wird durch Walzplattieren oder Sprengplattieren hergestellt. Beides sind sehr teure und aufwendige Verfahren.

**[0010]** Beim Verfahren mit metallurgischer Bindung wird das vorliegende Ausgangshalbzeug nach üblichen Verfahren, insbesondere mittels einer Biegevorrichtung (Biegewalze, Biegepresse) mechanisch zu einem Rohr geformt, das aber noch einen offenen Schlitz aufweist. Es schließt sich die Verschweißung an, wobei normalerweise die Außenlage des verformten Mehrlagenrohres entsprechend dem verwendeten Werkstoff mit einem üblichen Verfahren zur Rohrschweißung geschlossen wird, während die Schweißung der korrosionsbeständigen Innenlage als Auftragschweißung passend zum Werkstoff erfolgt. Es kann so verhindert werden, daß im Bereich der Schweißnähte eine Korrosionsbrücke von der Außenlage zur Innenlage entsteht. Die Innenlage muß durchgehend korrosionsbeständig sein, auch im Bereich der Schweißnaht.

**[0011]** Da sich das Verfahren zur Herstellung eines längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohres, das sich einer metallurgischen Bindung der Lagen bedient, als aufwendig und teuer erwiesen hat, hat man auch Methoden entwickelt, ein längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr herzustellen, bei dem die Innenlage und die Außenlage ausschließlich durch eine mechanische Bindung miteinander verbunden sind. An den Stirnseiten eines solchen Rohres kann eine solche

mechanische Bindung dann noch durch eine Schweißverbindung komplettiert werden.

**[0012]** Bei einem Mehrlagenrohr arbeitet man hierbei mit mehreren, im Beispielfall also zwei, fertigen Rohren, die zum einen die Außenlage, zum anderen die Innenlage bilden (s. auch die bereits genannte WO-A-05/008116).

**[0013]** Die Probleme bei diesem Herstellungsverfahren für längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohre sind vielfältig. Zum einen muß man sehr enge Toleranzen einhalten. Zum anderen muß das äußere Rohr eine höhere Streckgrenze aufweisen als das innere Rohr. Sonst erreicht die Wirkung der elastischen Rückfederung nach dem Expandieren des Innenrohrs mittels Innen-Hochdruckumformung o. dgl. nicht das gewünschte Ergebnis.

**[0014]** Ein besonderes Problem bei längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohren mit rein mechanischer Bindung zwischen der Innenlage und der Außenlage stellt das Risiko der Ablösung der Innenlage von der Außenlage bei einem Unterdruckzustand im Rohr dar (Kollabieren der Innenlage). Derartige Zustände treten beispielsweise in Erdölpipelines bei plötzlichen Druckstößen auf, und zwar gar nicht einmal so selten.

**[0015]** Insgesamt hat es sich gezeigt, daß die bislang verwendeten metallurgischen und mechanischen Herstellungsverfahren für längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohre beide ihre Tücken haben. Entsprechend hergestellte Mehrlagenrohre haben spezifische Vorteile und Nachteile, die ihren Einsatz nicht unter allen Umständen erlaubt.

**[0016]** Der Lehre der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr und ein Verfahren zur Herstellung eines längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohres anzugeben, das die Vorteile der beiden zuvor erläuterten, grundsätzlich unterschiedlichen Herstellungsverfahren miteinander verbindet, jedoch deren jeweilige Nachteile möglichst vermeidet.

**[0017]** Die zuvor aufgezeigte Problemstellung wird bei einem erfindungsgemäßen längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohr mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils von Anspruch 1 gelöst.

**[0018]** Bei dem erfindungsgemäßen längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohr mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm, also einem Mehrlagenrohr für die Erstellung großer Bauwerke aus Metall wie Pipelines etc., sind die beiden Lagen miteinander verlötet. Es hat sich durch umfangreiche Versuche gezeigt, daß eine groß- und vollflächige Verlötung von Träger- und Auflagewerkstoff mittels einer

Lotmittellage ohne Flußmittel so gestaltet werden kann, daß sie in der notwendigen Weise auf Zug und Scherung beansprucht werden kann. Damit ist es möglich, das längsnahtgeschweißte Mehrlagenrohr gemäß der Erfindung auch in der weiteren Praxis bei dem Verlegen entsprechender Rohrleitungen der Biegung der Rohrleitung insgesamt (Rohrverlegeverfahren; S-Lay) entsprechend zu handhaben.

**[0019]** Die Lotmittellage wird auch den in der Praxis zu erwartenden Betriebstemperaturen in passender Weise standhalten. Hier kommt es auf den Einsatzort der entsprechenden Mehrlagenrohre an. Im Extremfall müssen Temperaturen von bis zu  $-60^{\circ}\text{C}$  und bis zu  $+100^{\circ}\text{C}$ , in Extremfällen sogar bis zu  $+300^{\circ}\text{C}$  ausgehalten werden können.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Mehrlagenrohr hat eine ausreichend hohe Zug- und Scherfestigkeit. Ein Kollabieren der Innenlage im Unterdruckzustand findet hier nicht statt. So gesehen ist es einem nach einem mechanischen Herstellungsverfahren hergestellten Mehrlagenrohr (lined pipe) deutlich überlegen. Von den Herstellungskosten liegt das erfindungsgemäße Mehrlagenrohr deutlich günstiger als das nach bekannten metallurgischen Verfahren hergestellte Mehrlagenrohr.

**[0021]** Kernstück des erfindungsgemäßen Mehrlagenrohres ist eine vollflächige Lötverbindung zwischen dem Trägerwerkstoff (i. d. R. Außenlage) und dem Auflagewerkstoff (i. d. R. Innenlage). Sie ist für die Qualität des fertigen längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohres von entscheidender Bedeutung. Dabei kommt der Aufbringungstechnik der Lotmittellage bezüglich der Außenlage oder der Innenlage erhebliche Bedeutung zu.

**[0022]** In einer ersten Variante ist vorgesehen, daß die Lotmittellage als Lotmittelbeschichtung auf einer der Lagen, vorzugsweise auf der Innenseite der Außenlage, ausgebildet ist, wobei, vorzugsweise die Lotmittelbeschichtung durch thermisches Spritzen aufgebracht ist. In einer anderen und bevorzugten Variante ist vorgesehen, daß die Lotmittellage als Lotmittelfolie, vorzugsweise mit einer Dicke zwischen ca. 0,05 mm und ca. 0,6 mm, ausgeführt ist. Eine Lotmittelfolie oder auch eine durch thermisches Spritzen aufgebrachte Beschichtung ist für das erfindungsgemäße erforderliche großflächige Verlöten ganz besonders gut geeignet. Sie hat den Vorteil, daß sich zwischen den Lagen praktisch keine Luft befindet. Damit ist die Korrosionsgefahr beim Lötvorgang minimiert auch ohne daß man Flußmittel verwendet. Die Verwendung von Flußmittel sollte bei der erfindungsgemäßen großflächigen Lötverbindung vermieden werden.

**[0023]** Traditionellerweise kann man sich auch vorstellen, daß die Lotmittellage als Paste auf einer der

Lagen, vorzugsweise auf der Innenseite der Außenlage, ausgeführt ist.

**[0024]** Für das Material der Lotmittellage gibt es verschiedene zweckmäßige Optionen, die für unterschiedliche Anwendungsfälle geeignet sind. Insbesondere kommt es auch auf die erforderlichen Arbeitstemperaturen beim Verlöten an.

**[0025]** Will man im Bereich unter ca. 1000°C bleiben, so empfiehlt es sich, daß die Lotmittellage von einer Nickel-Basis-Legierung oder einer Kupfer-Basis-Legierung gebildet ist. Die Anwendung von Lotzusatzwerkstoffen auf Eisenbasis ist prinzipiell auch möglich, diese stecken aber noch in der Entwicklung und erfordern höhere Löttemperaturen, die sich auf den Trägerwerkstoff nachteilig auswirken können.

**[0026]** Weiter gilt, daß die Außenlage mit einem üblichen Verfahren zur Rohrschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff und die Innenlage mit einem üblichen Verfahren zur Auftragsschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff längsnahtgeschweißt ist.

**[0027]** Grundsätzlich ist ein Mehrlagenrohr gemäß der Lehre der Erfindung primär ein Rohr mit Außenlage und Innenlage. Möglich ist natürlich auch die Herstellung eines Mehrlagenrohrs mit mehr als zwei Lagen.

**[0028]** Typische Außendurchmesser des Mehrlagenrohres liegen über 400 mm. Da insbesondere die petrochemische Industrie von amerikanischem Einfluß geprägt ist, werden häufig noch Zollmaße verwendet. Ein Mehrlagenrohr für eine Pipeline hat dann einen minimalen Außendurchmesser von 16", was 406 mm entspricht. Größere Werte sind beispielsweise 762 mm bis zu 2.500 mm als Außendurchmesser des Mehrlagenrohrs.

**[0029]** Typischerweise ist bei einem Stahlrohr die Außenlage aus Kohlenstoffstahl hergestellt, die Innenlage besteht aus Edelstahl, beispielsweise Edelstahl TP 304L oder TP 316L. Aufagewerkstoffe aus Nickel-Basis-Legierungen, wie Alloy825 und Alloy625 finden zudem zunehmend Anwendung.

**[0030]** Für typische Großrohre der petrochemischen Industrie kann man vorsehen, daß die Außenlage eine Dicke von mindestens 8, vorzugsweise mindestens 10 bis 15 mm, aufweist, während für die Innenlage gilt, daß die Innenlage eine Dicke von mindestens 1 mm und höchstens 12 mm, vorzugsweise von 2 bis 4 mm aufweist.

**[0031]** Insbesondere für Anwendungen in der Konstruktion von großen Metallbauten kann man die erfindungsgemäße Lagenfolge des längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohrs auch umkehren. Man

kann also die korrosionsbeständige Lage als Außenlage anbringen und die druckbeständige, dicke Lage als Innenlage. Das ist beispielsweise für Stützrohre von Erdöl-Förderplattformen sinnvoll. Die Lehre der Erfindung ist in dieser Weise genauso anwendbar.

**[0032]** Schließlich kann man grundsätzlich auch zwei äußere korrosionsbeständige Lagen und eine mittlere druckbeständige Lage vorsehen, wenn man beidseits korrosionsbeständig ausgerüstete Rohre herstellen möchte.

**[0033]** Die erfindungsgemäße Lötverbindung kann man im Grundsatz auch in Kombination mit einem Verfahren verwenden, bei dem die Innenlage und die Außenlage ausschließlich durch eine mechanische Bindung, beispielsweise durch Expandieren des Innenrohrs mittels Innen-Hochdruckumformung, miteinander verbunden sind.

**[0034]** In verfahrenstechnischer Hinsicht löst das zuvor aufgezeigte Problem das Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 15.

**[0035]** Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der auf Anspruch 15 rückbezogenen Unteransprüche.

**[0036]** Entsprechend den voranstehenden Ausführungen kann man die Lötverbindung auf verschiedene Weise herstellen bzw. die Lotmittellage auf verschiedene Art einbringen. Besonders bevorzugt ist die Verwendung einer Lotmittelfolie, vorzugsweise mit einer Dicke zwischen ca. 0,05 mm und ca. 0,6 mm, die zwischen den die Außenlage und die Innenlage bildenden Blechen angeordnet wird.

**[0037]** Auch hinsichtlich der Angaben zur Verwendung bestimmter Lotmittel-Legierungen darf auf die weiteren obigen Ausführungen hingewiesen werden.

**[0038]** Besonders bevorzugt ist die Verwendung innerhalb eines Verfahrens, bei dem das Hochtemperaturlöten mit Temperaturen bis maximal 1000°C erfolgt, und zwar vorzugsweise kraftschlüssig, ohne Luftspalt, ggf. unter Schutzgasatmosphäre oder, schwieriger zu realisieren, unter Vakuum. In jedem Fall sollte das Hochtemperaturlöten flußmittelfrei erfolgen, um negative Effekte am fertigen Mehrlagenrohr zu vermeiden.

**[0039]** Für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren gibt es eine erste Variante, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Außenlage und die Innenlage mittels der Lotmittellage als flache Bleche miteinander verlötet werden und daß der derart gebildete, verlötete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt

wird. Hier ist also das Ergebnis des Verlöten ein im wesentlichen fertiges Vorprodukt, das dann anschließend wie ein schweiß- oder sprengplattiertes Blech auf der Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und mittels der Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird.

**[0040]** Nach einem weiteren und bevorzugten Verfahren ist vorgesehen, daß die Außenlage und die Innenlage mit der Lotmittellage dazwischen als flache Bleche aufeinandergelegt werden, daß der derart gebildete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und vorläufig fixiert wird, daß Außenlage und Innenlage mit der Lotmittellage dazwischen verlötet werden und daß das Mehrlagenrohr schließlich mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird. Hier ist die Lotmittellage während des Biegevorganges im Zuge der Herstellung noch nicht aktiviert worden. Die Innenlage wird beim Biegen auf der Biegevorrichtung in die Außenlage gepreßt und erst im Anschluß daran, also nach dem wesentlichen mechanischen Verformungsvorgang, erfolgt das Verlöten.

**[0041]** Das zuvor beschriebene Verfahren kann eine weitere Modifikation erfahren dergestalt, daß die beiden letzten Verfahrensschritte vertauscht werden. Dann wird das Mehrlagenrohr mittels der Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt, bevor das Verlöten erfolgt.

**[0042]** Wie bereits oben mehrfach erwähnt worden ist empfiehlt es sich, daß die Außenlage mit einem üblichen Verfahren zur Rohrschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff und die Innenlage mit einem üblichen Verfahren zur Auftragsschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff längsnahtverschweißt wird. Für die Rohrschweißung von Stahl empfiehlt sich ein Lichtbogenschweißverfahren, ggf. unter Pulver (UP). Demgegenüber wird die Innenlage mit einem typischen Elektroschlacke-Austragsschweißverfahren verschweißt.

**[0043]** Zum Formen des mehrlagigen Werkstoffes zu dem Mehrlagenrohr kann man eine typische Biegegalvananordnung, beispielsweise eine Dreiwalzenbiegemaschine, verwenden. Verwendbar ist auch eine große Biegepresse, die das mehrere Meter lange Mehrlagenrohr schrittweise in die richtige Form bringt. Eine Nachbiegemaschine gibt dem vorgefertigten Rohr dann die exakt runde Form. Dann wird das Mehrlagenrohr am offenen Schlitz vorläufig schweißtechnisch geheftet und wandert danach in die Schweißvorrichtung für die endgültige Herstellung der Schweißnähte. Auch insoweit darf zu weiteren Erläuterungen auf die einleitend genannte Publikation "Specification 5LD" des American Petroleum Institute hingewiesen werden.

**[0044]** Wie bereits oben zum Mehrlagenrohr ausge-

führt worden ist, kann man grundsätzlich das erfindungsgemäße Lötverfahren mit dem bekannten mechanischen Verbindungsverfahren ("liner clad" Rohre; WO-A-05/008116) kombinieren. In diesem kombinierten Verfahren würde dann die Innenlage und die Außenlage, wie an sich bekannt, durch Expandieren eines die Innenlage bildenden Innenrohrs in die Außenlage bildenden Außenrohr miteinander mechanisch verbunden. Danach käme dann der Schritt des Verlöten der Außenlage und der Innenlage mittels der dazwischen befindlichen Lotmittellage. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig realisierbar, wenn die Lotmittellage als Lotmittelbeschichtung auf einer der Lagen, vorzugsweise auf der Außenseite der Innenlage, ausgebildet wird.

**[0045]** Im folgenden wird die Erfindung nun anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel schematisch darstellenden Zeichnung weiter erläutert. In der Zeichnung zeigt

**[0046]** [Fig. 1](#) eine Stirnansicht eines fertigen längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohrs gemäß der Erfindung,

**[0047]** [Fig. 2](#) eine Sprengdarstellung eines Vorprodukts zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Mehrlagenrohrs, schematisch,

**[0048]** [Fig. 3](#) das nach einem besonders bevorzugten Verfahren hergestellte Vorprodukt eines erfindungsgemäßen Mehrlagenrohrs.

**[0049]** Das in [Fig. 1](#) dargestellte Mehrlagenrohr ist ein längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr aus Metall, hier aus Stahl, mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm. Grundsätzlich ist die Lehre der Erfindung aber auch auf Mehrlagenrohre aus anderen Metallen, insbesondere aus Aluminium, anwendbar. Besondere Bedeutung hat die Lehre allerdings bei Mehrlagenrohren aus Stahl, nämlich Großrohren wie sie für Anlagen der petrochemischen Industrie, insbesondere Erdöl-Pipelines, Gas-Pipelines, Prozeßrohre der petrochemischen Industrie oder besondere Konstruktionselemente benötigt werden.

**[0050]** Im einzelnen darf dazu auf die einleitenden Zitate aus dem Stand der Technik hingewiesen werden.

**[0051]** Das erfindungsgemäße Mehrlagenrohr hat eine feste, druckbeständige Außenlage **1**, die Druck und Zug aufnimmt, und eine dünne Innenlage **2** mit bestimmten Korrosions- und ggf. Abrasionseigenschaften. Im dargestellten und bevorzugten Ausführungsbeispiel besteht die Außenlage **1** aus Kohlenstoffstahl, die Innenlage **2** aus Edelstahl. Die aggressiven petrochemischen Fluide, die in dem längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohr strömen können, greifen den Edelstahl der Innenlage **2** nicht an, würden

aber den Kohlenstoffstahl der Außenlage 1 zerstören. Außer Edelstahl kommen für die Innenlage 2 auch andere Eisen- oder Nichteisenlegierungen in Frage.

**[0052]** Das dargestellte Mehrlagenrohr ist an der Außenlage 1 mittels einer üblichen, angefasten Rohrschweißnaht 3 verschweißt, mit einem dem verwendeten Werkstoff entsprechenden Schweißverfahren. Demgegenüber ist die Innenlage 2 mittels einer Auftragschweißnaht 4 verschweißt, so daß die Innenlage 2 vollständig korrosionsbeständig geschlossen ist.

**[0053]** Wesentlich für die Lehre der Erfindung ist nun die Art der Verbindung der Innenlage 2 mit der Außenlage 1. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß die Innenlage 2 mit der Außenlage 1 mittels einer Lotmittellage 5 auf Zug und auf Scherung beanspruchbar im wesentlichen vollflächig verlötet ist.

**[0054]** [Fig. 2](#) zeigt schematisch in einer Sprengdarstellung die drei "Schichten" des Mehrlagenrohrs gemäß der Erfindung, nämlich die Außenlage 1, die Innenlage 2 und dazwischen die Lotmittellage 5. Diese muß nicht körperlich zusammenhängend vorhanden sein, wie das [Fig. 2](#) andeutet. Das ist in [Fig. 2](#) nur der Verständlichkeit halber so dargestellt.

**[0055]** [Fig. 3](#) zeigt die Bleche für die Außenlage 1 und die Innenlage 2 zusammengelegt mit der dazwischen befindlichen, in [Fig. 3](#) nicht mehr sichtbaren Lotmittellage 5. Durch den bogenförmigen Doppelpfeil oben in [Fig. 3](#) ist angedeutet, wie das in [Fig. 3](#) dargestellte flächige Vorprodukt zum Herstellen des Mehrlagenrohrs gebogen wird.

**[0056]** Im dargestellten und bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Lotmittellage als Lotfolie aus Kupfer bzw. Kupferlegierung, Messing- oder Bronzelegierung oder einer Nickellegierung gebildet ist und vorzugsweise eine Dicke von etwa 0,2 mm bis etwa 0,4 mm aufweist. Das gilt natürlich für den Ausgangszustand vor dem Verlöten.

**[0057]** Das Mehrlagenrohr mit dem geringsten Außendurchmesser in der Erdölindustrie ist ein solches mit einem Außendurchmesser von 16", was etwa 406 mm entspricht. Wenn die Lötverbindung für ein so kleines Mehrlagenrohr die notwendige Scherfestigkeit aufweist, so hat sie diese selbstverständlich für Mehrlagenrohre mit größerem Durchmesser ohnehin.

**[0058]** Im dargestellten und bevorzugten Ausführungsbeispiel kann man anhand der Größenverhältnisse nachvollziehen, daß hier die Außenlage 1 eine Dicke von mindestens 8, vorzugsweise mindestens 10 bis 15 mm, aufweist, während die Innenlage 2 eine Dicke von mindestens 1 mm und höchstens 12 mm, vorzugsweise von 2 bis 4 mm aufweist.

**[0059]** Wie bereits im allgemeinen Teil der Beschreibung mitgeteilt worden ist, kann man die Lagenfolge erfindungsgemäß auch genau umdrehen, also die dünne, korrosionsbeständige Lage als Außenlage verwenden.

**[0060]** Anhand von [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) der Zeichnung kann man die verschiedenen möglichen Herstellungsverfahren nachvollziehen. In einer ersten Variante kann man vorsehen, daß die Außenlage 1 und die Innenlage 2 mittels der Lotmittellage 5 als flache Bleche miteinander verlötet werden und daß der derart gebildete, verlötete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird. In einer bevorzugten Variante kann man vorsehen, daß die Außenlage 1 und die Innenlage 2 mit der Lotmittellage 5 dazwischen als flache Bleche aufeinandergelegt werden, daß der derart gebildete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und vorläufig fixiert wird, daß Außenlage 1 und Innenlage 2 mit der Lotmittellage 5 dazwischen verlötet werden und daß das Mehrlagenrohr schließlich mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird. Schließlich kann man in einer dritten Variante auch vorsehen, daß die Außenlage 1 und die Innenlage 2 mit der Lotmittellage 5 dazwischen als flache Bleche aufeinandergelegt werden, daß der derart gebildete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und vorläufig fixiert wird, daß das Mehrlagenrohr schließlich mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird und daß Außenlage 1 und Innenlage 2 mit der Lotmittellage 5 dazwischen verlötet werden. Das dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt für alle Varianten die bevorzugte Lösung mit einer Lotmittelfolie als Lotmittellage 5.

**[0061]** Für das Verlöten empfiehlt sich die Arbeit unter Schutzgas oder, maschinen-technisch aufwendiger, im Vakuum. Jedenfalls sollte man flußmittelfrei arbeiten, um Korrosionsschäden am fertigen Mehrlagenrohr sicher auszuschließen. Dabei empfiehlt sich eine Arbeitsweise, die Lufteinschlüsse schon von der grundsätzlichen Gestaltung der Verfahrensschritte her weitestgehend vermeidet.

**[0062]** Bei der Darstellung in [Fig. 3](#) kann man erkennen, daß das untere flache, vorzugsweise die Außenlage 1 bildende Blech quer zur Biegeachse (= Längsachse des fertigen Mehrlagenrohrs) gegenüber dem oberen flachen, vorzugsweise die Innenlage 2 bildenden Blech randseitig beidseitig geringfügig übersteht. Die Biegeachse ist oben beim kreisbogenförmigen Doppelpfeil mit dem Zeichen "+" angedeutet und man erkennt rechts und links an dem flächigen Vorprodukt die schmalen randseitigen Überstände des unteren, hier die Außenlage 1 bildenden Bleches. Dadurch hat man die Endform, die in [Fig. 1](#) zu

erkennen ist, so daß für die Auftragsschweißnaht **4** ein ausreichender Freiraum zur Verfügung steht und das Verschweißen der Außenlage **1** an der Rohrschweißnaht **3** die Innenlage **2** nicht negativ beeinflusst. Das längsseitig geringfügige Überstehen der Außenlage **1** gegenüber der Innenlage **2** muß letztlich aber nur dann erfolgen, wenn das Zurücksetzen der Innenlage **2** nicht in einem anschließenden Fräsgang zur Schweißnahtvorbereitung geschehen kann oder soll.

**[0063]** Für die Herstellung des erfindungsgemäßen Mehrlagenrohres empfiehlt es sich, daß die Außenlage **1** mit einem üblichen Verfahren zur Rohrschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff und die Innenlage **2** mit einem üblichen Verfahren zur Auftragsschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff längsnahtverschweißt wird und daß das Formen des mehrlagigen Werkstoffes zu dem Mehrlagenrohr mit Hilfe einer Biegewalzenanordnung oder mit Hilfe einer Biegepresse erfolgt.

## 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

- US 1712090 A [0006]
- WO 05/008116 A [0007, 0012, 0044]
- WO 2006/066814 A [0008]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- "Specification for CRA Clad or Lined Steel Pipe" (API Specification 5LD(SPEC 5LD), First Edition, January 1, 1993, issued by American Petroleum Institute) [0008]



### Patentansprüche

1. Längsnahtgeschweißtes Mehrlagenrohr aus Metall, insbesondere aus Stahl, mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm, mit einer festen, druckbeständigen Außenlage (1) einer Dicke von mindestens 8 mm und einer dünnen, korrosionsbeständigen Innenlage (2), einer Dicke von mindestens 1 mm, wobei die Innenlage (2) mit der Außenlage (1) dauerhaft fest verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenlage (2) mit der Außenlage (1) mittels einer Lotmittellage (5) auf Zug und auf Scherung beanspruchbar im wesentlichen vollflächig verlötet ist.

2. Mehrlagenrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) als Lotmittelbeschichtung auf einer der Lagen (1, 2), vorzugsweise auf der Innenseite der Außenlage (1), ausgebildet ist, wobei, vorzugsweise die Lotmittelbeschichtung durch thermisches Spritzen aufgebracht ist.

3. Mehrlagenrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) als Lotmittelfolie, vorzugsweise mit einer Dicke zwischen ca. 0,1 mm und ca. 0,6 mm, ausgeführt ist.

4. Mehrlagenrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) als Paste auf einer der Lagen (1, 2), vorzugsweise auf der Innenseite der Außenlage (1), ausgeführt ist.

5. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) von einer vorzugsweise für Hochtemperaturlöten, insbesondere in einem Temperaturbereich von ca. 900°C bis ca. 1000°C, geeigneten Nickel-Basis-Legierung gebildet ist.

6. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) von einer vorzugsweise für Hochtemperaturlöten, insbesondere in einem Temperaturbereich von ca. 900°C bis ca. 1000°C, geeigneten Kupfer-Basis-Legierung gebildet ist.

7. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) von einer vorzugsweise für Hochtemperaturlöten geeigneten Eisen-Basis-Legierung gebildet ist.

8. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) mit einem üblichen Verfahren zur Rohrschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff und die Innenlage (2) mit einem üblichen Verfahren zur Auftragsschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff längsnahtgeschweißt ist.

9. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Mehrlagenrohr mehr als zwei Lagen aufweist.

10. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) aus Kohlenstoffstahl, vorzugsweise mit einer spezifizierten Mindeststreckgrenze von 450 MPa bzw. 485 MPa besteht.

11. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenlage (2) aus einem Eisenwerkstoff oder einem metallischen Nichteisenwerkstoff mit gestimmten Korrosions- und ggf. Abrasionseigenschaften besteht, insbesondere, daß die Innenlage (2) aus Edelstahl besteht.

12. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) eine Dicke von mindestens 10 bis 15 mm aufweist.

13. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenlage (2) eine Dicke von höchstens 12 mm, vorzugsweise von 2 bis 4 mm, aufweist.

14. Mehrlagenrohr nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage und Innenlage vertauscht sind, also die Außenlage als dünne, korrosionsbeständige Lage und die Innenlage als feste, druckbeständige Lage ausgeführt ist.

15. Verfahren zur Herstellung eines längsnahtgeschweißten Mehrlagenrohrs aus Metall, insbesondere aus Stahl, mit einem Außendurchmesser von mehr als 400 mm, das eine feste, druckbeständige Außenlage (1) einer Dicke von mindestens 8 mm und eine dünne, korrosionsbeständige Innenlage (2) einer Dicke von mindestens 1 mm aufweist und bei dem die Innenlage (2) mit der Außenlage (1) dauerhaft fest verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenlage (2) mit der Außenlage (1) mit Hilfe einer Lotmittellage (5) auf Zug und auf Scherung beanspruchbar im wesentlichen vollflächig verlötet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) als Lotmittelbeschichtung auf einer der Lagen (1, 2), vorzugsweise auf der Innenseite der Außenlage (1), ausgebildet wird, vorzugsweise durch thermisches Spritzen aufgebracht wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) als Lotmittelfolie, vorzugsweise mit einer Dicke zwischen ca. 0,05 mm und ca. 0,6 mm, bereitgestellt und zwischen den Lagen (1, 2) angeordnet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lotmittellage (5) als Paste auf einer der Lagen (1, 2), vorzugsweise auf der Innenseite der Außenlage (1), aufgebracht wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Lotmittellage (5) eine Nickel-Basis-Legierung verwendet wird, vorzugsweise eine solche, die für Hochtemperaturlöten, insbesondere in einem Temperaturbereich von ca. 900°C bis ca. 1000°C, geeignet ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Lotmittellage (5) eine Kupfer-Basis-Legierung verwendet wird, vorzugsweise eine solche, die für Hochtemperaturlöten, insbesondere in einem Temperaturbereich von ca. 900°C bis ca. 1000°C, geeignet ist.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Lotmittellage (5) eine vorzugsweise für Hochtemperaturlöten geeignete Eisen-Basis-Legierung verwendet wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) und die Innenlage (2) mittels der Lotmittellage (5) als flache Bleche miteinander verlötet werden und daß der derart gebildete, verlötete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) und die Innenlage (2) mit der Lotmittellage (5) dazwischen als flache Bleche aufeinandergelegt werden, daß der derart gebildete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und vorläufig fixiert wird, daß Außenlage (1) und Innenlage (2) mit der Lotmittellage (5) dazwischen verlötet werden und daß das Mehrlagenrohr schließlich mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) und die Innenlage (2) mit der Lotmittellage (5) dazwischen als flache Bleche aufeinandergelegt werden, daß der derart gebildete mehrlagige Werkstoff mit Hilfe einer Biegevorrichtung zu dem Mehrlagenrohr geformt und vorläufig fixiert wird, daß das Mehrlagenrohr schließlich mittels einer Schweißvorrichtung längsnahtverschweißt wird und daß Außenlage (1) und Innenlage (2) mit der Lotmittellage (5) dazwischen verlötet werden.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis

24, dadurch gekennzeichnet, daß das Verlöten unter Vakuum oder, vorzugsweise in einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird und/oder daß das Verlöten flußmittelfrei erfolgt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß das untere flache, vorzugsweise die Außenlage (1) bildende Blech quer zur Biegeachse (= Längsachse des fertigen Mehrlagenrohrs) gegenüber dem oberen flachen, vorzugsweise die Innenlage (2) bildenden Blech randseitig beidseitig geringfügig übersteht.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage (1) mit einem üblichen Verfahren zur Rohrschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff und die Innenlage (2) mit einem üblichen Verfahren zur Auftragschweißung entsprechend dem verwendeten Werkstoff längsnahtverschweißt wird.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Formen des mehrlagigen Werkstoffes zu dem Mehrlagenrohr mit Hilfe einer Biegewalzenanordnung oder mit Hilfe einer Biegepresse erfolgt.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21 und ggf. einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenlage (2) und die Außenlage (1), wie an sich bekannt, durch Expandieren eines die Innenlage (2) bildenden Innenrohrs im die Außenlage (1) bildenden Außenrohr mit der Lotmittellage (5) dazwischen miteinander mechanisch verbunden werden und daß dann die Außenlage (1) und die Innenlage (2) mittels der Lotmittellage (5) miteinander verlötet werden.

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenlage und die Innenlage vertauscht werden, also die dünne, korrosionsbeständige Lage als Außenlage und die feste, druckbeständige Lage als Innenlage verwendet wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

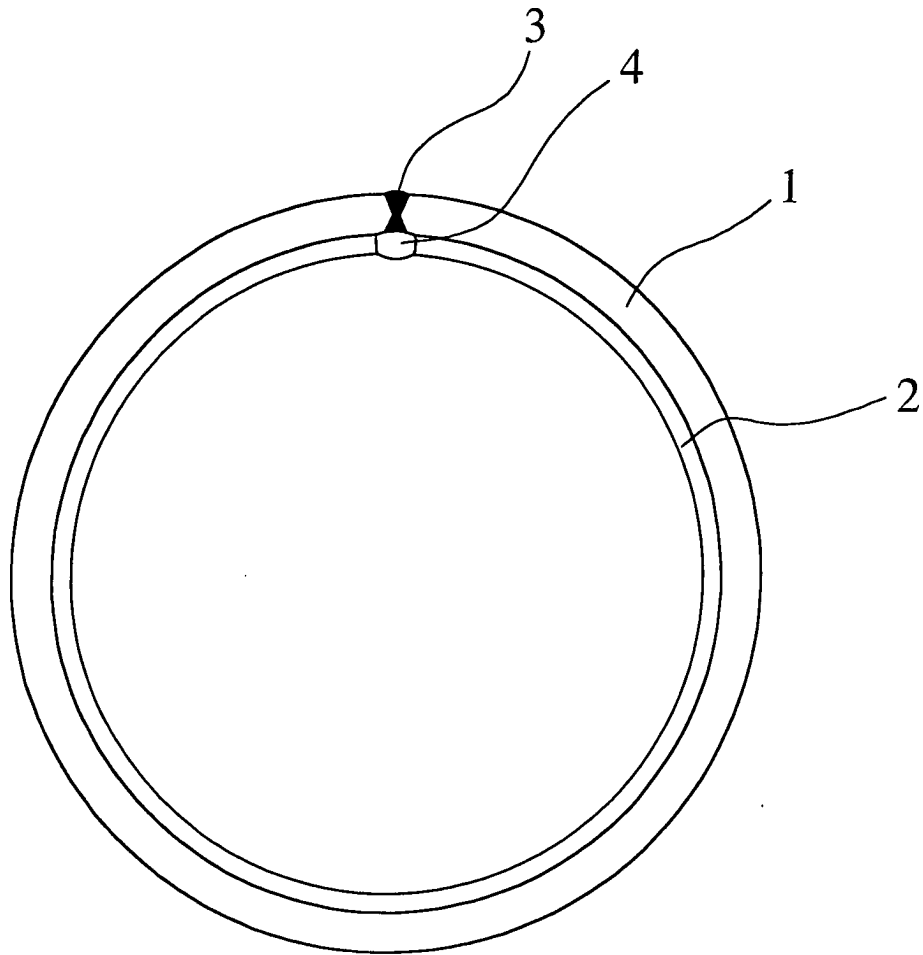


Fig. 1

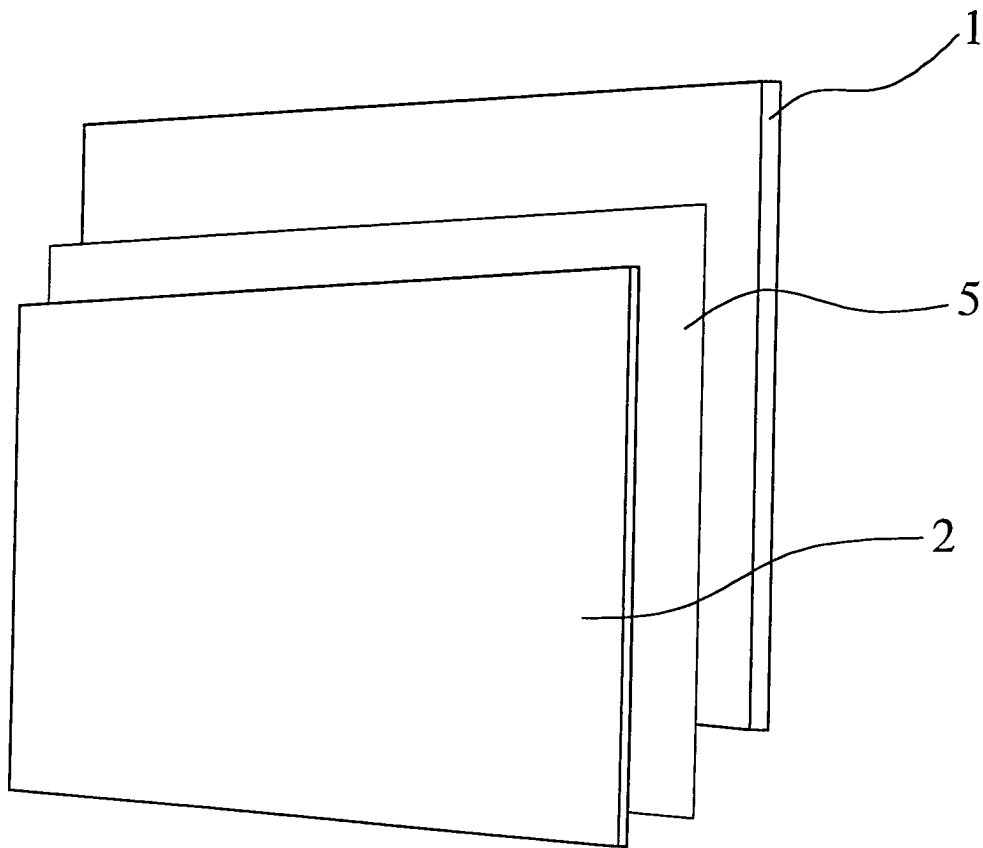


Fig. 2

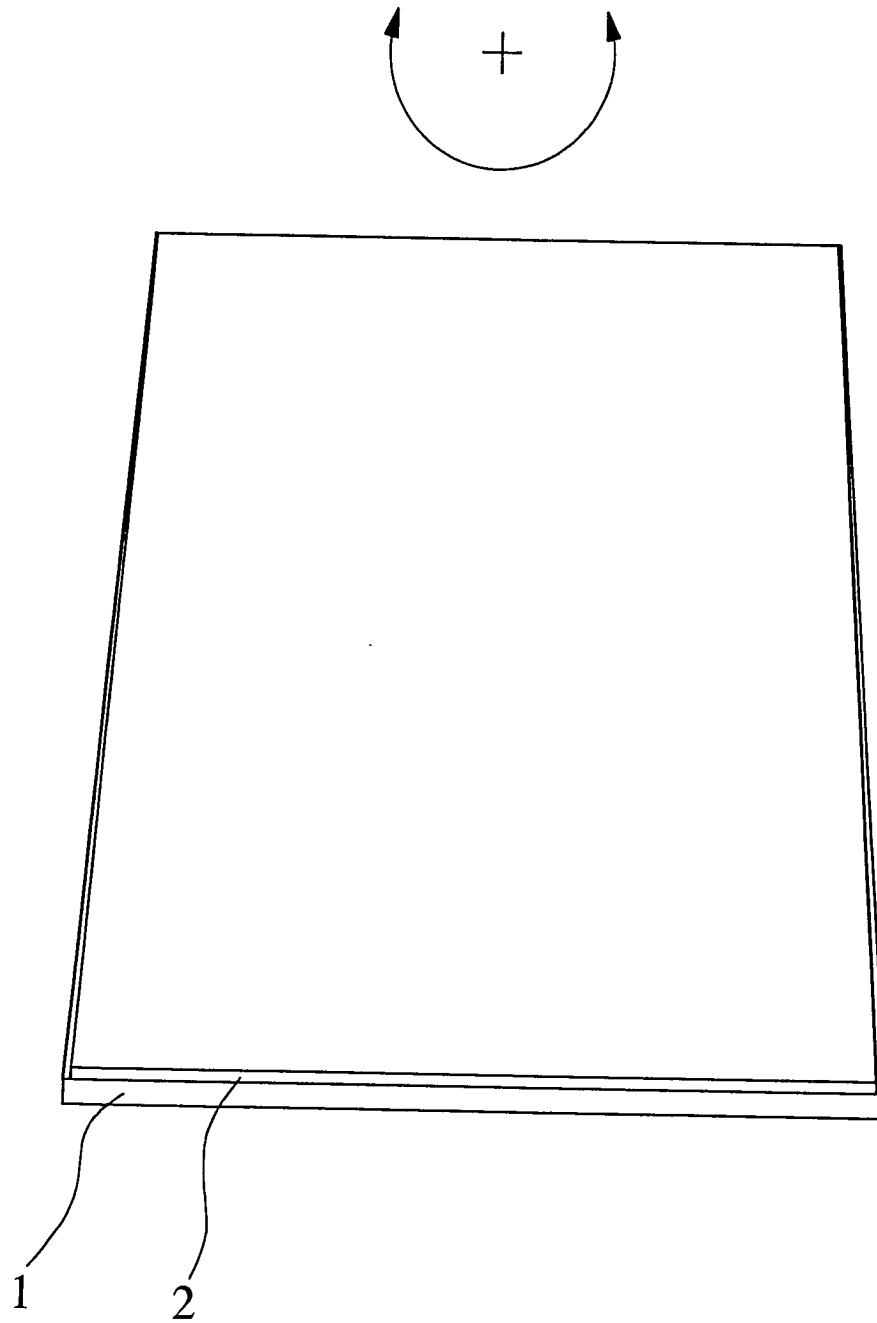


Fig. 3