(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 780 656 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.1997 Patentblatt 1997/26

(51) Int. Cl.[6]: **F28F 19/00**

(21) Anmeldenummer: **96119514.6**

(22) Anmeldetag: **05.12.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB IT NL

(30) Priorität: **23.12.1995 DE 19548688**

(71) Anmelder: **Balcke-Dürr GmbH**
40882 Ratingen (DE)

(72) Erfinder:
- **Podhorsky, Miroslan, Dr.-Ing.**
  40882 Ratingen (DE)
- **Bruckmann, Wilhelm, Dipl.-Ing. (FH)**
  46049 Oberhausen (DE)

(74) Vertreter: **Stenger, Watzke & Ring**
Patentanwälte
Kaiser-Friedrich-Ring 70
40547 Düsseldorf (DE)

(54) Wärmetauscher

(57) Die Erfindung betrifft einen insbesondere zur Abwärmenutzung in der chemischen Industrie bestimmten Wärmetauscher mit an ihren Enden in Bohrungen mindestens einer Rohrplatte (4) druckdicht befestigten Wärmetauscherrohren (3) aus ferritischem Werkstoff, die in einem von einem Kühlmedium durchflossenen Wärmetauschergehäuse (5) angeordnet sind. Um die aus ferritischem Werkstoff bestehenden Wärmetauscherrohre (3) vor Versprödung zu schützen, ist zumindest im hohen Temperaturbereich der Wärmetauscherrohre (3) jeweils ein Schutzrohr (6) aus versprödungsunempfindlichem Material angeordnet, das durch hydraulisches Aufweiten im Bereich der Rohrplatte (4) im Wärmetauscherrohr (3) befestigt ist.

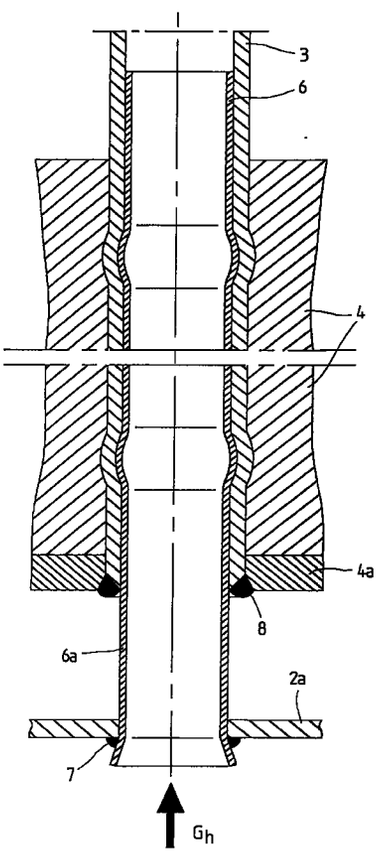


Fig. 2

EP 0 780 656 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen insbesondere zur Abwärmenutzung in der chemischen Industrie bestimmten Wärmetauscher mit an ihren Enden in Bohrungen mindestens einer Rohrplatte druckdicht befestigten Wärmetauscherrohren aus ferritischem Werkstoff, die in einem von einem Kühlmedium durchflossenen Wärmetauschergehäuse angeordnet sind.

Bei derartigen Wärmetauschern besteht die Gefahr der Versprödung des ferritischen Rohrwerkstoffes, wenn das in den Rohren strömende gasförmige Medium, beispielsweise stickstoffhaltige Gase, Temperaturen oberhalb 350°C aufweist.

Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, die aus ferritischem Werkstoff bestehenden Wärmetauscherrohre derartiger Wärmetauscher vor Versprödung zu schützen.

Die **Lösung** dieser Aufgabenstellung durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß zumindest im hohen Temperaturbereich der Wärmetauscherrohre jeweils ein Schutzrohr aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl angeordnet ist, das durch hydraulisches Aufweiten im Bereich der Rohrplatte im Wärmetauscherrohr befestigt ist.

Durch die zumindest im hohen Temperaturbereich innerhalb der Wärmetauscherrohre angeordneten Schutzrohre aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl wird die Diffusion von Gasmolekülen des wärmeabgebenden Mediums in den ferritischen Werkstoff der Wärmetauscherrohre verhindert, so daß diese wirksam vor Versprödung geschützt sind. Durch hydraulisches Aufweiten der Schutzrohre im Bereich der Rohrplatte werden diese auf besonders einfache, aber wirksame Weise im jeweiligen Wärmetauscherrohr befestigt.

Auch die Wärmetauscherrohre können in an sich bekannter Weise durch hydraulisches Aufweiten in der Rohrplatte befestigt werden. Hierdurch erfolgt eine zuverlässige Befestigung der Wärmetauscherrohre in der Rohrplatte, ohne daß eine gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung die stirnseitigen Enden der Wärmetauscherrohre mit der Rohrplatte verbindende Dichtschweißnaht mit axialen Rohrkräften belastet wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Schutzrohre im Bereich der hydraulischen Aufweitung der Wärmetauscherrohre hydraulisch aufgeweitet, wobei dieser Aufweitvorgang der Wärmetauscherrohre einerseits und der Schutzrohre andererseits entweder gleichzeitig oder zeitlich aufeinanderfolgend erfolgen kann.

Um die Rohrplatte des Wärmetauschers während der An- und Abfahrvorgänge des Wärmetauschers vor thermoschockartigen Belastungen zu schützen, wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, im Eintrittsbereich der Schutzrohre jeweils ein zusätzliches, auf seiner Außenseite mit einer Isolierung versehenes Einsatzrohr aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl anzuordnen, dessen Isolierung vorzugsweise eine mindestens der Dicke der Rohrplatte entsprechende axiale Erstreckung hat und das außerhalb der Rohrplatte durch hydraulisches Aufweiten am Schutzrohr festgelegt ist. Mit diesem Vorschlag ergibt sich zusätzlich zum Schutz der Wärmetauscherrohre gegen Versprödung ein Schutz der Rohrplatte gegen thermoschockartige Belastungen, wobei die Festlegung der Einsatzrohre am Schutzrohr durch außerhalb der Rohrplatte erfolgendes hydraulisches Aufweiten sicherstellt, daß die gegen Belastungen empfindliche Isolierung zwischen Schutzrohr und Einsatzrohr nicht überbelastet wird.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ragen die Schutzrohre und ggf. die Einsatzrohre einströmseitig aus der Rohrplatte und den Wärmetauscherrohren heraus und sind mit ihrem Ende an einem Zwischenboden eines Eintrittsammlers befestigt, vorzugsweise durch Schweißen. Auf diese Weise läßt sich eine zusätzliche Sicherung der Rohrplatte gegen eine zu hohe Temperaturbelastung erzielen.

In an sich bekannter Weise kann die Rohrplatte einströmseitig mit einer Plattierung aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl versehen sein, um bei einer direkten Beaufschlagung der Rohrplatte mit heißem Gas Versprödungen der Rohrplatte zu vermeiden.

Auf der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Wärmetauschers dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines kompletten Wärmetauschers,

Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel anhand eines Schnittes durch ein in der Rohrplatte druckdicht befestigtes Wärmetauscherrohr und

Fig. 3 eine der Fig. 2 entsprechende Schnittdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels.

Der in Fig. 1 nur schematisch dargestellte, beispielsweise zur Abwärmenutzung in der chemischen Industrie eingesetzte Wärmetauscher umfaßt eine Gasleitung 1, aus der das beispielsweise 480° C heiße, stickstoffhaltige Gas G_h einem Eintrittsammler 2 zugeführt wird. Aus diesem Eintrittsammler 2 gelangt das heiße Gas G_h in Wärmetauscherrohre 3, die beim Ausführungsbeispiel U-förmig ausgeführt und mit beiden Enden in einer Rohrplatte 4 druckdicht befestigt sind. Die Wärmetauscherrohre 3 sind hierbei von einem Gehäuse 5 umgeben, das mit auf der Zeichnung nicht dargestellten Anschlüssen für die Zufuhr und Abfuhr eines aus dem heißen Gas G_h Wärme aufnehmenden Mediums versehen ist.

Beim Ausführungsbeispiel ragen die zuströmseitigen Enden 3a der Wärmetauscherrohre 3 aus der Rohrplatte 4 heraus. Sie sind in einer als Zwischenbo-

den 2a zur Rohrplatte 4 anzusehenden Wand des Eintrittsammlers 2 druckdicht befestigt, so daß das heiße Gas G_h aus dem Eintrittsammler 2 in die Enden 3a der Wärmetauscherrohre 3 eintritt. Bei der Durchströmung des heißen Gases G_h durch die im Gehäuse 5 angeordneten Wärmetauscherrohre 3 wird dem Gas Wärme entzogen, so daß es beim gewählten Ausführungsbeispiel die auf der Unterseite der Rohrplatte 4 endenden Wärmetauscherrohre 3 beispielsweise mit einer Temperatur von 330° C verläßt. Dieses abgekühlte Gas G_k ist durch einen Pfeil in Fig. 1 symbolisiert.

Um eine insbesondere durch die hohen Temperaturen begünstigte Versprödung der aus ferritischem Werkstoff bestehenden Wärmetauscherrohre 3 zu verhindern, ist bei beiden Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 2 und 3 im hohen Temperaturbereich der Wärmetauscherrohre 3 in jedem Wärmetauscherrohr 3 jeweils ein Schutzrohr 6 angeordnet, das aus einem versprödungsunempfindlichen Material, beispielsweise Chromnickelstahl besteht. Dieses Schutzrohr 6 ist im Bereich der Rohrplatte 4 durch hydraulisches Aufweiten im jeweiligen Wärmetauscherrohr 3 befestigt. Bei den beiden Ausführungsbeispielen sind auch die Wärmetauscherrohre 3 durch hydraulisches Aufweiten in entsprechende ringförmige Ausnehmungen in den Bohrungen der Rohrplatte 4 an dieser befestigt. Die sich hierbei ergebenden ringförmigen Vertiefungen im Inneren der Wärmetauscherrohre 3 wurden für das hydraulische Aufweiten der Schutzrohre 6 benutzt. Das hydraulische Aufweiten einerseits der Wärmetauscherrohre 3 und andererseits der Schutzrohre 6 kann zeitlich aufeinanderfolgend oder gleichzeitig erfolgen.

Durch die im hohen Temperaturbereich innerhalb der Wärmetauscherrohre 3 angeordneten Schutzrohre 6 aus versprödungsunempfindlichem Material wird die Diffusion von Gasmolekülen des wärmeabgebenden Mediums, insbesondere eines stickstoffhaltigen Gases in den ferritischen Werkstoff der Wärmetauscherrohre 3 verhindert, so daß diese wirksam vor Versprödung geschützt sind. Die axiale Länge der Schutzrohre 6 hängt hierbei im wesentlichen vom Temperaturverlauf in axialer Richtung der Wärmetauscherrohre 3 und damit von der Intensität der Kühlung der Wärmetauscherrohre 3 ab. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Kühlung derart intensiv, daß die Schutzrohre 6 mit einer nur geringfügigen axialen Erstreckung abströmseitig die Rohrplatte 4 überragen.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ragt das Schutzrohr 6 einströmseitig aus der Rohrplatte 4 heraus. Dieses zuströmseitige Ende 6a der Schutzrohre 6 ist gemäß Fig. 2 in einem Zwischenboden 2a druckdicht befestigt, der gemäß Fig. 1 Teil eines Eintrittsammlers 2 sein kann. Die Befestigung des Schutzrohres 6 am Zwischenboden 2a erfolgt beim Ausführungsbeispiel durch eine Schweißnaht 7.

Um auch die ungekühlte Oberfläche der Rohrplatte 4 vor einer unerwünschten Versprödung zu schützen, ist die Rohrplatte 4 einströmseitig mit einer Plattierung 4a versehen. Beim Ausführungsbeispiel handelt es sich hierbei um ein mit ferritischem Material verschweißbares Material, so daß zwischen Plattierung 4a und der Stirnseite jedes Wärmetauscherrohres 3 eine Dichtschweißnaht 8 gelegt werden kann. Aufgrund der Festlegung des Wärmetauscherrohres 3 an der Rohrplatte 4 durch hydraulisches Aufweiten ist diese insbesondere der besseren Abdichtung dienende Dichtschweißnaht 8 von axialen Rohrkräften entlastet.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist im Eintrittsbereich der Schutzrohre 6 jeweils ein zusätzliches, auf seiner Außenseite mit einer Isolierung 9 versehenes Einsatzrohr 10 angeordnet, das ebenfalls aus einem versprödungsunempfindlichen Material besteht. Die zwischen dem innenliegenden Einsatzrohr 10 und dem außenliegenden Schutzrohr 6 angeordnete Isolierung 9 schützt insbesondere bei Anfahr- und Abfahrvorgängen gegen thermoschockartige Belastungen. Die Isolierung 9 erstreckt sich vorzugsweise mindestens über eine der Dicke der Rohrplatte 4 entsprechende axiale Länge. Um die empfindliche Isolierung 9 vor Beschädigungen bder Zerstörungen zu schützen, erfolgt die Festlegung jedes Einsatzrohres 10 am Schutzrohr 6 durch außerhalb der Rohrplatte 4 erfolgendes hydraulisches Aufweiten, d.h. durch ein Aufweiten in einem Bereich, in dem die Einsatzrohre 10 und Schutzrohre 6 unmittelbar, d.h. ohne zwischenliegende Isolierung 9 aneinanderliegen.

Auch beim zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist die Rohrplatte 4 einströmseitig mit einer Plattierung 4a versehen, zwischen der und dem Wärmetauscherrohr 3 jeweils eine Dichtschweißnaht 8 gelegt ist. Außer dem Schutzrohr 6 ragt auch das Einsatzrohr 10 aus der Rohrplatte 4 heraus, wobei bei dieser Ausführungsform das konisch aufgeweitete Einsatzrohr 10 mittels einer Schweißnaht 7 am Zwischenboden 2a des Eintrittsammlers 2 befestigt ist.

Bezugszeichenliste:

1	Gasleitung
2	Eintrittsammler
2a	Zwischenboden
3	Wärmetauscherrohr
3a	zustömseitiges Ende
4	Rohrplatte
4a	Plattierung
5	Gehäuse
6	Schutzrohr
6a	zuströmseitiges Ende
7	Schweißnaht
8	Dichtschweißnaht
9	Isolierung
10	Einsatzrohr
G_a	heißes Gas
G_k	abgekühltes Gas

Patentansprüche

1. Wärmetauscher, insbesondere zur Abwärmenut-

zung in der chemischen Industrie, mit an ihren Enden in Bohrungen mindestens einer Rohrplatte druckdicht befestigten Wärmetauscherrohren aus ferritischem Werkstoff, die in einem von einem Kühlmedium durchflossenen Wärmetauschergehäuse angeordnet sind,
dadurch gekennzeichnet,
daß zumindest im hohen Temperaturbereich der Wärmetauscherrohre (3) jeweils ein Schutzrohr (6) aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl angeordnet ist, das durch hydraulisches Aufweiten im Bereich der Rohrplatte (4) im Wärmetauscherrohr (3) befestigt ist.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscherrohre (3) durch hydraulisches Aufweiten in der Rohrplatte (4) befestigt sind.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die stirnseitigen Enden der Wärmetauscherrohre (3) mit der Rohrplatte (4) durch eine Dichtschweißnaht (8) verbunden sind.

4. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzrohre (6) im Bereich der hydraulischen Aufweitung der Wärmetauscherrohre (3) hydraulisch aufgeweitet sind.

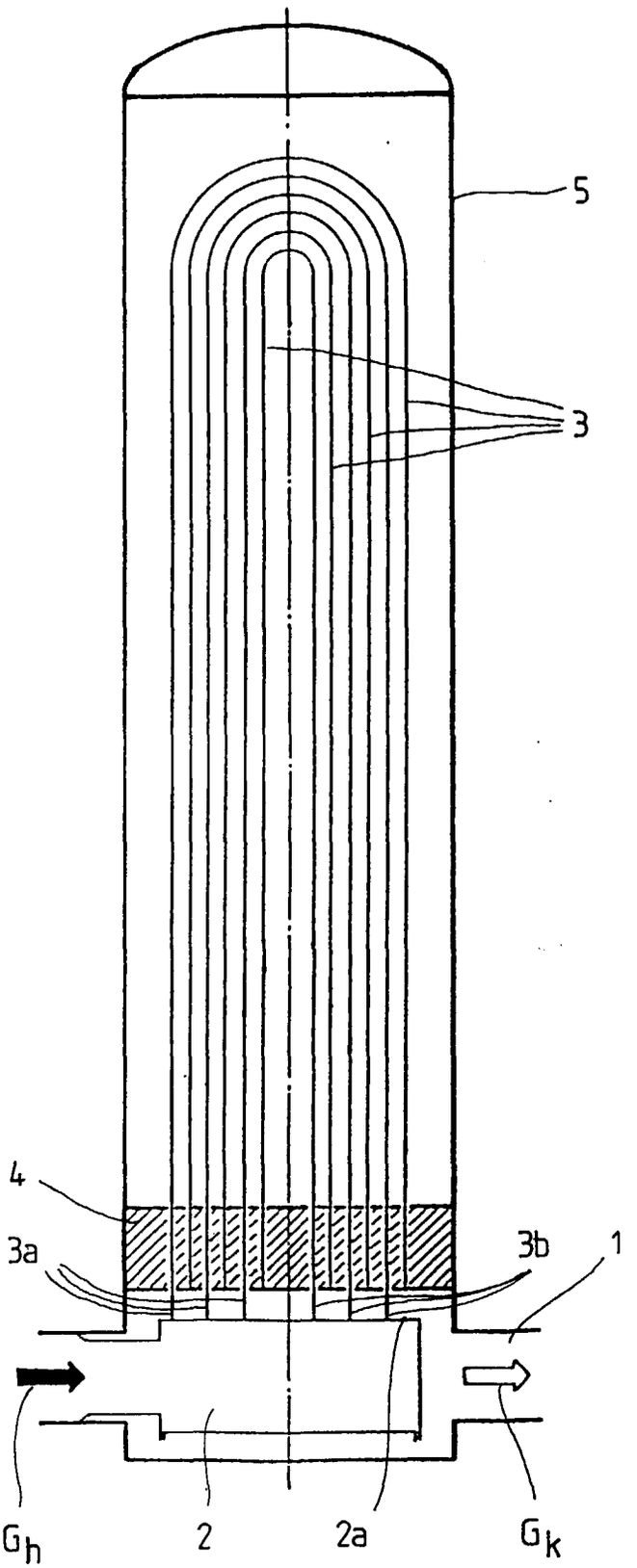
5. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Eintrittsbereich der Schutzrohre (6) jeweils ein zusätzliches, auf seiner Außenseite mit einer Isolierung (9) versehenes Einsatzrohr (10) aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl angeordnet ist, das außerhalb der Rohrplatte (4) durch hydraulisches Aufweiten am Schutzrohr (6) festgelegt ist.

6. Wärmetauscher nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierung eine mindestens der Dicke der Rohrplatte (4) entsprechende axiale Erstreckung hat.

7. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzrohre (6) und ggf. Einsatzrohre (10) einströmseitig aus der Rohrplatte (4) und den Wärmetauscherrohren (3) herausragen und mit diesem Ende an einem Zwischenboden (2a) eines Eintrittsammlers (2) befestigt sind.

8. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrplatte (4) einströmseitig mit einer Plattierung (4a) versehen ist.

Fig. 1



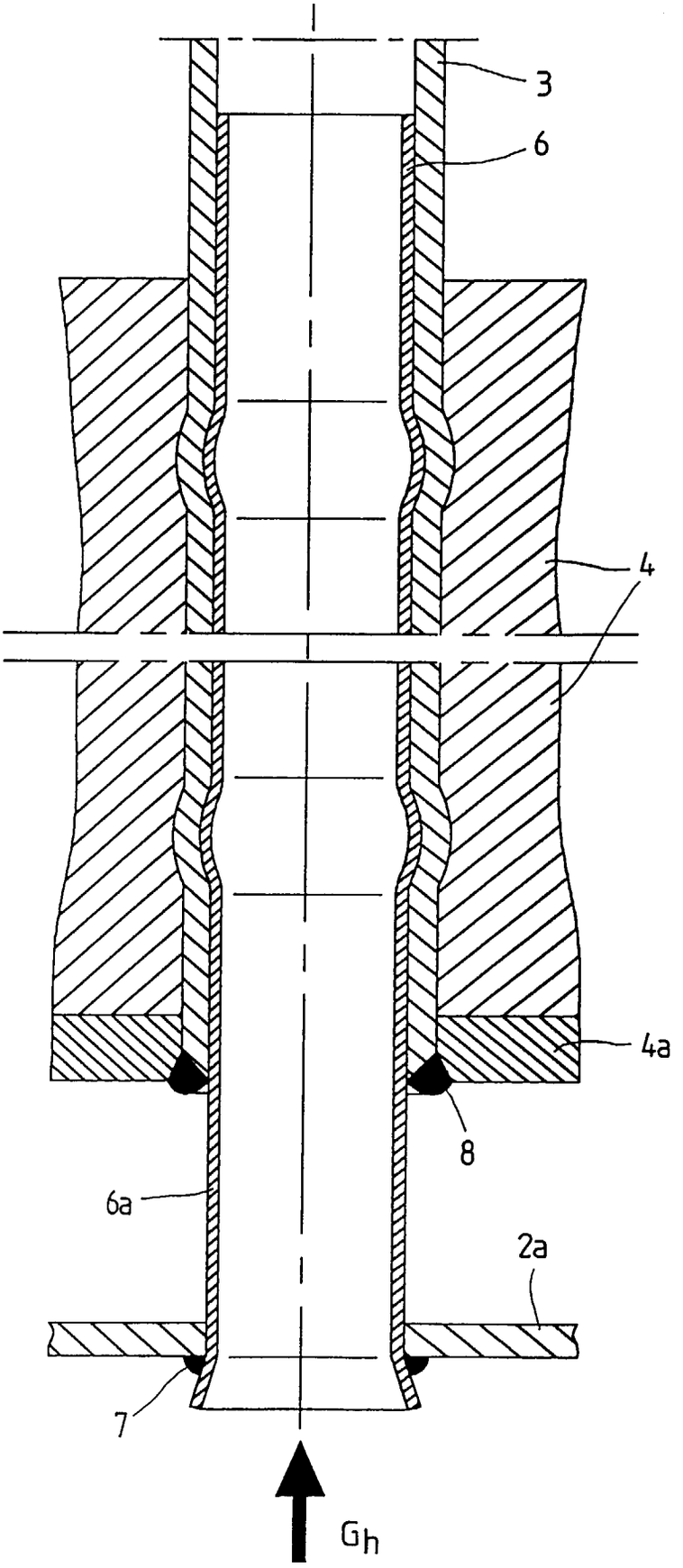


Fig. 2

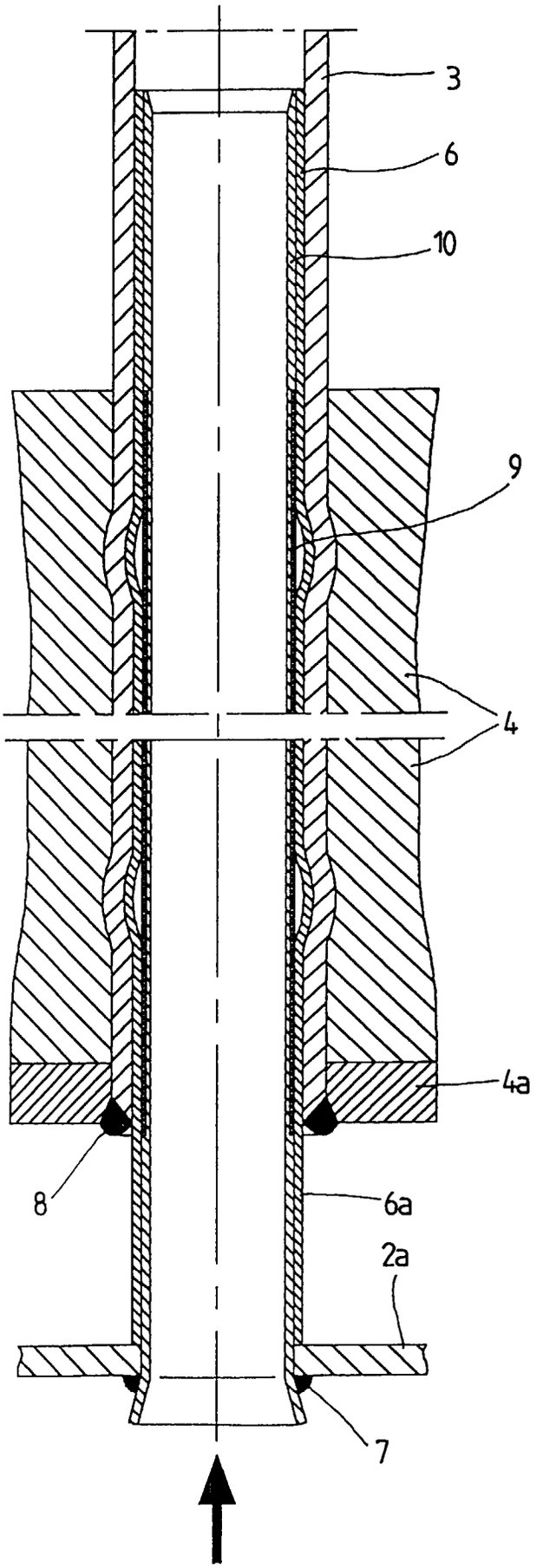



Fig. 3