

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 780 656 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**29.05.2002 Patentblatt 2002/22**

(51) Int Cl.7: **F28F 19/00**

(21) Anmeldenummer: **96119514.6**

(22) Anmeldetag: **05.12.1996**

(54) **Wärmetauscher**

Heat exchanger

Echangeur de chaleur

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

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.06.1997 Patentblatt 1997/26**

(73) Patentinhaber: **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)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 042 028 DE-A- 1 958 566**  
**GB-A- 1 141 239 GB-A- 1 323 885**  
**US-A- 4 368 571 US-A- 4 505 017**

**EP 0 780 656 B1**

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

## Beschreibung

[0001] 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, wobei zumindest im hohen Temperaturbereich der Wärmetauscherrohre jeweils ein Schutzrohr aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl angeordnet ist.

[0002] 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. Aus diesem Grund sind aus der Praxis verschiedene Maßnahmen bekannt, um diese Versprödung zu vermeiden.

[0003] Die EP 0 042 028 zeigt einen Wärmetauscher, bei dem die Wärmetauscherrohre einseitig an einem Rohrboden angeschweißt sind, wobei die Rohröffnung mit einer in dem Rohrboden geführten Bohrung fluchten. Die Wärmetauscherrohre sind dabei aus einem ferritischen Stahl gefertigt. Zur Vermeidung von Schäden durch Nitrierung der mit dem zu kühlenden Medium im Bereich hoher Temperatur in Kontakt kommenden Vorrichtungsteile ist jede Rohrbodenbohrung mit einer Beschichtung aus nitrierbeständigem Werkstoff versehen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann hierzu eine aus einem nitrierbeständigem Werkstoff gefertigte Schutzhülse durch die Bohrung in dem Rohrboden hindurch bis in das Wärmetauscherrohr hineingeführt sein. Zwischen der Rohrbohrung und der Wandung der Schutzhülse ist dabei ein mit einem Wärmeisoliermaterial gefüllter Hohlraum belassen.

[0004] Aus der DE 1 958 566 ist ein Wärmetauscher zum Einsatz in chemischen Verfahren bekannt, bei welchem die Wärmetauscherrohre in Bohrungen einer Bodenplatte festgelegt sind. Zur Vermeidung von thermischen Spannungen ist im Bereich der Bodenplatte in jedes Wärmetauscherrohr ein Innenrohr eingesetzt, wobei zwischen der Wandung des Innenrohres und der Wand des Wärmetauscherrohrs im Bereich des Rohrbodens ein mit einem Wärmeisoliermaterial gefüllter Zwischenraum belassen ist.

[0005] Die US 4,368,571 zeigt ein Verfahren zum Reparieren eines schadhaften Rohrs in einem Dampfgenerator eines Kernkraftwerkes, wobei in den Bereich der Schadstelle eine Reparaturhülse eingebracht und durch hydraulisches Aufweiten gegen die Innenwandung des Wärmetauscherrohrs leckdicht verpreßt wird.

[0006] Der Erfindung liegt die **Aufgabe** zugrunde, die aus ferritischem Werkstoff bestehenden Wärmetauscherrohre derartiger Wärmetauscher vor Versprödung und die Rohrplatte vor thermoschockartigen Belastungen zu schützen.

[0007] Die **Lösung** dieser Aufgabenstellung durch die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß jedes Schutzrohr durch hydraulisches Aufweiten im Bereich der Rohrplatte im Wärmetauscherrohr befestigt ist und, daß im Eintrittsbereich der Schutzrohre jeweils ein zusätzliches, auf seiner Außenseite mit einer Isolierung versehenes Einsatzrohr aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl angeordnet ist, das außerhalb der Rohrplatte durch hydraulisches Aufweiten am Schutzrohr festgelegt ist.

[0008] 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. Um die Rohrplatte des Wärmetauschers während der An- und Abfahrvorgänge des Wärmetauschers vor thermoschockartigen Belastungen zu schützen ist im Eintrittsbereich der Schutzrohre jeweils ein zusätzliches, auf seiner Außenseite mit einer Isolierung versehenes Einsatzrohr aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnickelstahl angeordnet, 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.

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] Die Isolierung der Einsatzrohre weist vorzugsweise eine mindestens der Dicke der Rohrplatte entsprechende axiale Erstreckung auf.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ragen die Schutzrohre und 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.

**[0013]** 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.

**[0014]** Auf der Zeichnung sind zwei Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Wärmetauschers dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines kompletten Wärmetauschers,

Fig. 2 Ausführungsbeispiel anhand eines Schnittes durch ein in der Rohrplatte druckdicht befestigtes Wärmetauscherrohr mit Schutzrohr, vor dem Einsetzen eines Einsatzrohres und

Fig. 3 eine der Fig. 2 entsprechende Schnittdarstellung des Ausführungsbeispiels mit in das Schutzrohr eingefügtem Einsatzrohr.

**[0015]** 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.

**[0016]** Beim Ausführungsbeispiel (siehe Fig. 1) ragen die zuströmseitigen Enden 3a der Wärmetauscherrohre 3 aus der Rohrplatte 4 heraus. Sie sind in einer als Zwischenboden 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.

**[0017]** Um eine insbesondere durch die hohen Temperaturen begünstigte Versprödung der aus ferritischem Werkstoff bestehenden Wärmetauscherrohre 3

zu verhindern, ist, wie aus Fig. 2 und 3 ersichtlich, 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. beim Ausführungsbeispiel 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.

**[0018]** 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.

**[0019]** Um die Rohrplatte 4 bei Anfahr- und Abfahrvorgängen gegen thermoschockartige Belastungen zu schützen, ist wie in Fig. 3 ersichtlich 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 erstreckt sich vorzugsweise mindestens über eine der Dicke der Rohrplatte 4 entsprechende axiale Länge. Um die empfindliche Isolierung 9 vor Beschädigungen oder 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.

**[0020]** Damit auch die ungekühlte Oberfläche der Rohrplatte 4 vor einer unerwünschten Versprödung geschützt wird, ist die Rohrplatte 4 wie in den Fig. 2+3 ersichtlich 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.

**[0021]** Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 und 3 ragen die Schutzrohre 6 einströmseitig aus der Rohrplatte 4 heraus. Diese zuströmseitigen Enden 6a der Schutzrohre 6 sind an einem Zwischenboden 2a befestigt, der gemäß Fig. 1 Teil eines Eintrittsammlers 2 sein kann. Die Befestigung des Schutzrohres 6 am Zwischenboden 2a erfolgt beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 druckdicht durch eine Schweißnaht 7. Die Abbildung Fig. 2 zeigt eine Fertigungsstufe vor dem Einsetzen des mit der Isolierung 9 versehenen Zusatzrohres 10 in das Schutzrohr 6.

**[0022]** In Fig. 3 ist die Rohrplatte 4 einströmseitig mit einer Plattierung 4a versehen, zwischen der und dem Wärmetauscherrohr 3 jeweils eine Dichtschweißnaht 8 gelegt ist. Wie dieser Darstellung des fertigen Wärmetauscherrohres 3 zeigt, ragt außer dem Schutzrohr 6 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:

#### **[0023]**

|                |                      |  |
|----------------|----------------------|--|
| 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 <sub>a</sub> | heißes Gas           |  |
| G <sub>k</sub> | abgekühltes Gas      |  |

#### **Patentansprüche**

1. Wärmetauscher, insbesondere zur Abwärmenutzung in der chemischen Industrie, mit an ihren Enden in Bohrungen mindestens einer Rohrplatte druckdicht befestigten Wärmetauscherrohren (3) aus ferritischem Werkstoff, die in einem von einem Kühlmedium durchflossenen Wärmetauschergehäuse (5) angeordnet sind, wobei zumindest im ho-

hen Temperaturbereich der Wärmetauscherrohre (3) jeweils ein Schutzrohr (6) aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnikelstahl angeordnet ist,

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** jedes Schutzrohr (6) durch hydraulisches Aufweiten im Bereich der Rohrplatte (4) im Wärmetauscherrohr (3) befestigt ist und, daß im Eintrittsbereich der Schutzrohre (6) jeweils ein zusätzliches, auf seiner Außenseite mit einer Isolierung (9) versehenes Einsatzrohr (10) aus versprödungsunempfindlichem Material, beispielsweise Chromnikelstahl angeordnet ist, das außerhalb der Rohrplatte (4) durch hydraulisches Aufweiten am Schutzrohr (6) festgelegt ist.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Isolierung (9) eine mindestens der Dicke der Rohrplatte (4) entsprechende axiale Erstreckung hat.

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 Wärmetauscherrohre (3) durch hydraulisches Aufweiten in der Rohrplatte (4) befestigt sind.

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

6. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schutzrohre (6) und die 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.

7. Wärmetauscher nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rohrplatte (4) einströmseitig mit einer Plattierung (4a) versehen ist.

#### **Claims**

1. Heat exchanger, in particular for waste-heat utilization in the chemical industry, having heat exchanger tubes (3) made of ferritic material, which are fastened in a pressure-tight manner at their ends in bores of at least one tube plate and are arranged in

a heat exchanger housing (5) through which a cooling medium flows, a protective tube (6) made of embrittlement-insensitive material, for example chrome-nickel steel, being arranged at least in the high temperature region of the heat exchanger tubes (3), **characterized in that** each protective tube (6) is fastened in the heat exchanger tube (3) as a result of hydraulic expansion in the region of the tube plate (4), and **in that** in each case an additional insert tube (10) provided on its outside with an insulation (9) and made of embrittlement-insensitive material, for example chrome-nickel steel, is arranged in the inlet region of the protective tubes (6), said insert tube being secured to the protective tube (6) outside the tube plate (4) as a result of hydraulic expansion.

2. Heat exchanger according to Claim 1, **characterized in that** the insulation (9) has an axial extent corresponding at least to the thickness of the tube plate (4).
3. Heat exchanger according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the end faces of the heat exchanger tubes (3) are connected to the tube plate (4) by means of a seal-welding seam (8).
4. Heat exchanger according to at least one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the heat exchanger tubes (3) are fastened in the tube plate (4) as a result of hydraulic expansion.
5. Heat exchanger according to at least one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the protective tubes (6) are expanded hydraulically in the region of the hydraulic expansion of the heat exchanger tubes (3).
6. Heat exchanger according to at least one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the protective tubes (6) and the insert tubes (10) project from the tube plate (4) and the heat exchanger tubes (3) on the inflow side and are fastened at this end to an intermediate bottom (2a) of an inlet header (2).
7. Heat exchanger according to at least one of Claims 1 to 6, **characterized in that** the tube plate (4) is provided on the inflow side with plating (4a).

#### Revendications

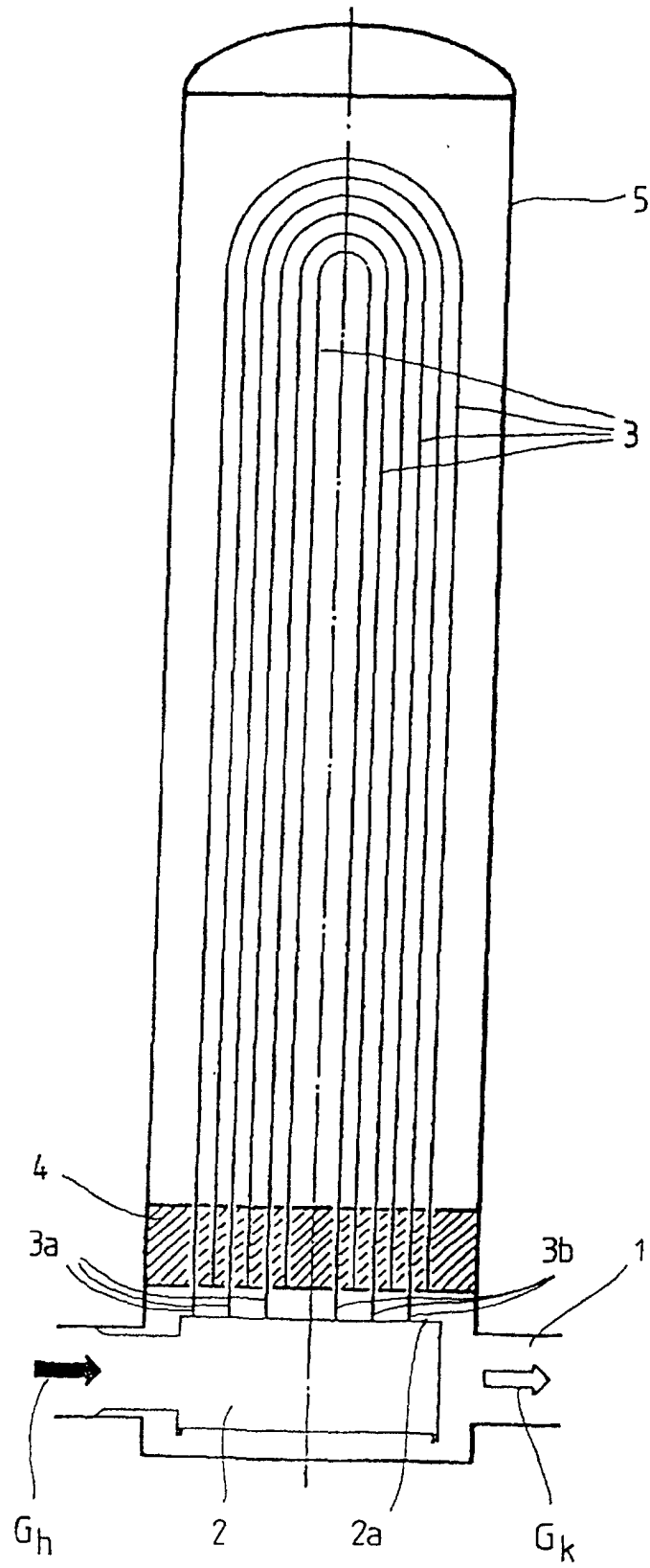
1. Echangeur thermique pour l'exploitation des chaleurs perdues dans l'industrie chimique, avec à ses extrémités des tubes échangeurs (3) en matériau ferritique, fixés de manière étanche à la pression dans des perçages d'au moins une plaque tubulaire et disposés dans un boîtier d'échangeur thermique

(5) traversé par un fluide de refroidissement, un tube de protection (6) en matériau non fragile, par exemple en acier nickel-chrome étant placé au moins dans la région soumise à des hautes températures des tubes échangeurs (3),

**caractérisé en ce que** chaque tube de protection (6) est fixé dans le tube échangeur par élargissement hydraulique dans la région de la plaque tubulaire (4), **en ce que** dans la zone d'admission des tubes d'admission (6), un tube d'insertion (10) supplémentaire, en matériau non fragile, par exemple en acier nickel-chrome, muni d'une isolation (9) sur sa face extérieure et fixé par élargissement hydraulique sur le tube de protection (6), à l'extérieur de la plaque tubulaire (4) est disposé dans la région d'admission des tubes de protection.

2. Echangeur thermique selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'isolation (9) dispose d'une extension axiale correspondant au moins à l'épaisseur de la plaque tubulaire (4).
3. Echangeur thermique selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les extrémités frontales des tubes échangeurs (3) sont reliées à la plaque tubulaire (4) par un cordon de soudure étanche (8).
4. Echangeur thermique selon au moins l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les tubes échangeurs (3) sont fixés dans la plaque tubulaire (4) par élargissement thermique.
5. Echangeur thermique selon au moins l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les tubes de protection (6) sont élargis de manière hydraulique dans la région de l'élargissement hydraulique des tubes échangeurs (3).
6. Echangeur thermique selon au moins l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les tubes de protection (6) et les tubes d'insertion (10) saillent de la plaque tubulaire (4) et des tubes échangeurs (3), côté admission et sont reliés par cette extrémité à un fond intermédiaire (2a) d'un collecteur d'entrée (2).
7. Echangeur thermique selon au moins l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la plaque tubulaire (4) est munie d'un placage (4a), côté admission.

Fig. 1



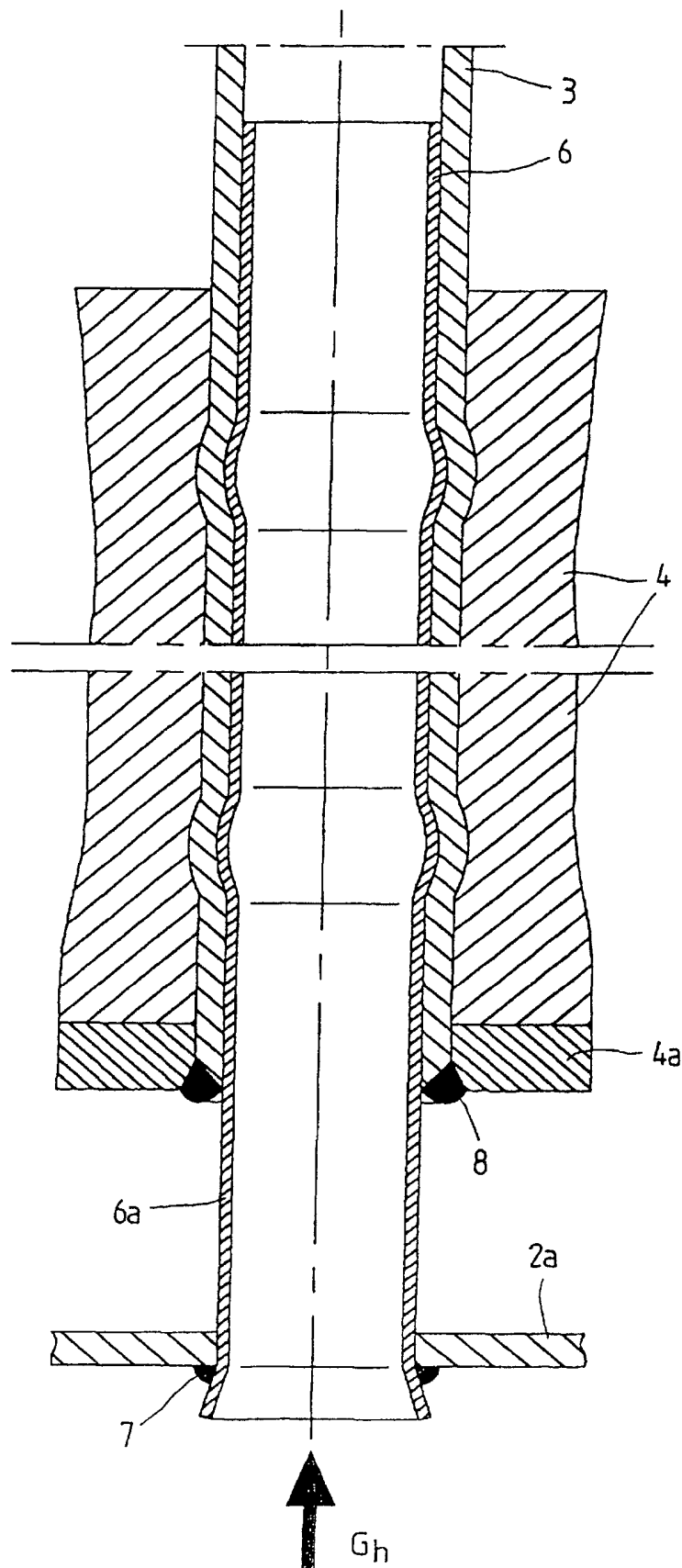


Fig. 2

Fig. 3

