

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 054 298
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 81110444.7

(51) Int. Cl.³: **F 28 D 15/00**
F 25 B 23/00, F 24 J 3/04

(22) Anmeldetag: 15.12.81

(30) Priorität: 17.12.80 DE 3047632

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.06.82 Patentblatt 82/25

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(71) Anmelder: Studiengesellschaft Kohle mbH
Kaiser-Wilhelm-Platz 1
D-4330 Mülheim/Ruhr(DE)

(72) Erfinder: Vaubel, Gert, Dr.
Residenzstrasse 1
D-4790 Paderborn Schloss Neuhaus(DE)

(72) Erfinder: Rathert, Rolf
Frachtstrasse 10-16
D-4800 Bielefeld(DE)

(72) Erfinder: Ritter, Alfred, Dr.
Mühlenstrasse 148
D-4330 Mülheim/Ruhr(DE)

(74) Vertreter: Werner, Hans-Karsten, Dr. et al,
Deichmannhaus am Hauptbahnhof
D-5000 Köln 1(DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur optimierten Wärmeübertragung von Trägern reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge.

(57) Ein Verfahren zur optimierten Wärmeübertragung von Trägern reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge zum Zwecke der Wärme- und Kälteerzeugung mit Hilfe des Prinzips des Wärmerohrs wird beschrieben, wobei man den Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges in das Innere eines Wärmerohres einbringt. Weiterhin wird die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens beschrieben, bei der ein Wärmerohr unten mit einer Wärmequelle und oben mit einer Wärmesenke verbunden ist und einen Träger eines reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges sowie eine Zu- bzw. Ableitung für das Gas des reversiblen heterogenen Verdampfungsvorganges aufweist.

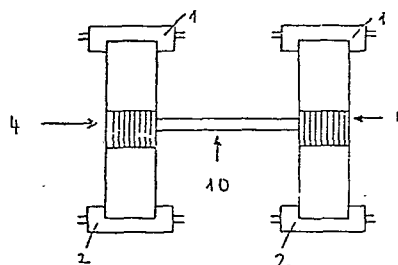


Fig 3

EP 0 054 298 A2

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur optimierten Wärmeübertragung von Trägern reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge zum Zwecke der Wärme- oder Kälteerzeugung, bei dem von dem Prinzip des Wärmerohres Gebrauch gemacht wird. Wärmerohre, im Angelsächsischen auch "heat pipes" genannt, sind aus dem US-Patent 2 350 348 sowie der Arbeit von P.D. Dunn u. D.A. Reay, Heat Pipes, Pergamon Press 1976 bekannt. Sie finden wegen ihrer überragenden Wärmetransportleistung zunehmend Eingang in die Technik. Besonders einfach herzustellen sind Wärmerohre, welche nach dem Thermosyphonprinzip arbeiten. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß die Verdampfungszone des Wärmerohres unterhalb der Kondensationszone angeordnet ist.

Reversible, heterogene Verdampfung ist ein generell bekanntes Prinzip und kann mit oder ohne chemische Veränderung verlaufen. Rein physikalischer Natur ist beispielsweise die Gasabsorption an Trägern wie Aktivkohle. Beispiele für reversible, heterogene Verdampfungsvorgänge mit chemischer Umsetzung sind Bildung und Zersetzung von Metallhydriden sowie die Ammoniakabspaltung und -anlagerung an Calciumchloridammoniakat. Unabhängig davon, ob diese Vorgänge chemischer oder physikalischer Natur sind, ist der Verdampfungs- oder Austreibprozeß stets endotherm, während der gegenläufige Absorptionsprozeß exotherm verläuft.

Die Anwendung reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge an einem Träger haben in der Vergangenheit stets unter dem erheblichen Nachteil gelitten, daß die Wärmeübertragung vom Träger auf seine Umgebung sehr langsam und sehr wenig effizient verläuft, da die Trägermaterialien im allgemeinen schlechte Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Dies führt zu unerwünscht großen Zyklenzeiten

beim Betrieb periodisch arbeitender Geräte wie Kältemaschinen oder Wärmepumpen sowie zu entsprechend groß und voluminös ausgelegten Geräten, da nur dann die geforderten Wärmetransportleistungen erbracht werden können.

- 5 In der deutschen Patentanmeldung P 30 20 565.3 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur energiesparenden Gewinnung von Nutzwärme aus der Umgebung oder aus Abfallwärme vorgeschlagen worden. Hierbei wird beispielsweise die Wärmereaktion bei der Bildung und Zersetzung eines
- 10 Metallhydrids ausgenutzt. In einer bevorzugten Ausführungsform werden die umschaltbaren Wärmeaustauscher durch Wärmerohre ersetzt. Bei den dort beschriebenen Vorrichtungen ragt das obere oder untere Ende eines Wärmerohres in das Gefäß mit dem Metallhydrid ein und leitet die bei
- 15 der Reaktion entstehende Wärme bzw. Kälte über das Wärmerohr ab. Die Wärmeübertragung vom Metallhydrid als Träger auf das Wärmerohr findet nur in einem relativ kleinen Bereich statt und ist demzufolge nur sehr langsam und unvollständig.
- 20 Es wurde jetzt gefunden, daß man das Verfahren zur Wärmeübertragung von Trägern reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge zum Zwecke der Wärme- oder Kälteerzeugung mit Hilfe des Prinzips des Wärmerohres dadurch optimieren kann, daß man den Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges in das Innere eines Wärmerohres einbringt. Hierdurch werden in überraschend einfacher und effizienter Weise die Wirkungen reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge auf Trägern durch das
- 25 Prinzip des Wärmerohres übertragen.
- 30 Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht somit aus einem Wärmerohr, welches

5 unten mit einer Wärmequelle und oben mit einer Wärmesenke verbunden ist, welche eine leicht siedende Flüssigkeit und einen Träger eines reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges enthält sowie eine Zu- bzw. Ableitung für das Gas des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges aufweist.

10 Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bieten sich mehrere prinzipielle Wege an. Beispielsweise kann man zwei Wärmerohre mit dem Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges im Innern des Wärmerohres so miteinander verbinden, daß die beiden Träger über eine Gasleitung und Pumpe miteinander verbunden sind und beide Wärmerohre miteinander um 180° so gedreht werden können, daß sich jeweils in einem Wärmerohr der Träger oben und 15 im anderen Wärmerohr der Träger unten befindet. Ein gewisser Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß im Grunde das gesamte Aggregat um 180° drehbar gebaut sein muß, was einen gewissen Aufwand an Technik und Energie zur Folge hat.

20 Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die Position des Trägers der reversiblen, heterogenen Verdampfung innerhalb des Wärmerohres von außen gesteuert verändert werden kann. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß der Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges einen Eisenkern enthält und von außen durch 25 einen Magneten innerhalb des Wärmerohres verschoben werden kann.

Eine bevorzugte Ausführungsform besteht aus zwei übereinander angeordneten Wärmerohren, die durch den Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges voneinander 30 getrennt sind.

Eine weitere Ausführungsform macht von dem Prinzip der Absorptionswärmepumpe Gebrauch, so daß auf die mechanisch verdichtende Pumpe verzichtet werden kann.

5 In allen Fällen erhöht sich selbstverständlich die Geschwindigkeit des Wärmeüberganges, wenn das Trägermaterial geometrisch so gestaltet ist, daß eine möglichst große Berührungsfläche für die leicht siedende Flüssigkeit besteht.

10 Konstruktiv besonders einfach und mechanisch unaufwendig sind solche Vorrichtungen, in denen der Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges, das jeweils verwendete Gas sowie Flüssigkeit und Dampf der jeweils verwendeten leicht siedenden Flüssigkeit miteinander
15 verträglich sind. Es kann dann nämlich eine unmittelbare Berührung der Trägersoberfläche mit der leicht siedenden Flüssigkeit bzw. seinem Dampf stattfinden, wodurch der Wärmeübergang erheblich intensiviert wird, insbesondere wenn der Träger geometrisch so gestaltet ist, daß er eine große Oberfläche aufweist.

20 Da bei dieser Lösung in der Gasphase sowohl der Dampf der leicht siedenden Flüssigkeit als auch das Gas der reversiblen, heterogenen Verdampfung vorhanden ist, muß die Zuleitung zum Inneren des Wärmerohres mit
einer druckfesten, semipermeablen Membran
25 versehen sein, die das Gas von dem Dampf der leicht siedenden Flüssigkeit abtrennt und somit einen Austritt des Dampfes aus dem Wärmerohr verhindert.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges zu um-
30 hüllen und dadurch von der leicht siedenden Flüssigkeit und/oder ihrem Dampf abzutrennen. Hierdurch kommt es nicht zur Vermischung des Dampfes mit dem Gas, so daß auch keine Abtrennung durch eine



semipermeable Membran notwendig ist.

Bei der Ausführungsform, bei der zwei Wärmerohre übereinander angeordnet sind, ist es prinzipiell möglich, das obere und das untere Wärmerohr mit verschiedenen, leicht siedenden Flüssigkeiten zu füllen und dadurch die Verhältnisse in den beiden Wärmerohren zu optimieren. Wenn beispielsweise die Wärmequelle Energie relativ niedriger Temperatur zuführt, im Träger der reversiblen, heterogenen Verdampfung jedoch relativ hohe Temperaturen entstehen, sollten Siedepunkte der beiden Flüssigkeiten in dem oberen und unteren Wärmerohr entsprechend angepaßt gewählt werden. Insbesondere bei Verwendung von Metallhydriden ist es auf diese Weise möglich, Energie niedriger Temperatur in Energie hoher Temperatur zu transformieren und als Nutzwärme zur Verfügung zu stellen.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens können prinzipiell alle Träger reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge eingesetzt werden, vorzugsweise ist das Verfahren geeignet zur energiesparenden Gewinnung von Nutzwärme aus der Umgebung oder aus Abfallwärme mit Hilfe von Metallhydriden und Wasserstoff gemäß deutscher Patentanmeldung P 30 20 565.3 sowie deren Ausgestaltung als Absorptionswärmepumpe.

Einige zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Vorrichtungen sind in den nachfolgenden Figuren näher erläutert.

: - 6 -

Figur 1 zeigt ein Wärmerohr, in welchem die Position des Trägers des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges innerhalb des Wärmerohres von außen gesteuert verändert werden kann. In dieser Figur bedeuten:

- 5 1) eine Wärmesenke
- 2) eine Wärmequelle
- 3) das Kondensat einer leicht siedenden Flüssigkeit
- 4) einen gepreßten Träger, beispielsweise einen Preßling aus Metallhydrid
- 10 5) eine Zentralbohrung in diesen Preßling
- 6) einen eingepreßten Eisenring
- 7) einen Magneten zum Verschieben des Trägerkernes innerhalb des Wärmerohres
- 8) eine semipermeable Membran
- 15 9) die Wand des Wärmerohres, das zugleich Reaktionsgefäß ist und aus einem nicht-magnetischen Material besteht. Sofern es sich um ein Metallhydrid als Träger handelt, muß dieses Material obendrein wasserstoffbeständig sein.

- 20 Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird mittels des Magneten 7) der Trägerpreßling 4) entweder in den Bereich der Wärmequelle oder der Wärmesenke verschoben. Beim Eintauchen des Trägers in die Wärmequelle wird er von der leicht siedenden Flüssigkeit rundherum
- 25 umspült und kann relativ rasch Wärme aufnehmen. Befindet sich der Träger im Bereich der Wärmesenke, kann das zu reagierende Gas, beispielsweise Wasserstoff, bei einem Hydrid durch die Membran 8) in den Metallhydridkern, eindringen, wobei durch die Zentralbohrung 5) die Ober-
- 30 fläche zur Absorption des Wasserstoffgases erheblich vergrößert ist.

- 7 -

Figur 2 zeigt in einfachster Weise eine Ausführungsform, bei der zwei Wärmerohre mit dem Träger 4) des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges im Innern des Wärmerohres so miteinander verbunden sind, daß die beiden Träger über eine Gasleitung 10) und eine nicht mitgezeichnete Pumpe miteinander verbunden sind, so daß beide Wärmerohre miteinander um 180° so gedreht werden können, daß sich jeweils in einem Wärmerohr der Träger 4) oben und im anderen Wärmerohr der Träger 4) unten befindet.

Figur 3 zeigt in schematischer Weise je zwei Wärmerohre übereinander angeordnet, die durch den Träger 4) des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges voneinander getrennt sind. Die beiden Träger sind über eine Gasleitung 10) und eine nicht mitgezeichnete Pumpe miteinander verbunden. Außerdem befindet sich jeweils das untere Ende der beiden unteren Wärmerohre in einer Wärmequelle 2) und der obere Teil der beiden oberen Wärmerohre in einer Wärmesenke 1).

In der Figur 4 ist eines der beiden Paare übereinander angeordneter Wärmerohre ausführlicher dargestellt, wobei 11) die für das leicht verdampfende Lösungsmittel und seinen Dampf undurchlässige Umhüllung darstellt.

Figur 5 stellt eine Ausführungsform dar, bei der das untere Wärmerohr wiederum durch eine für das leicht verdampfende Lösungsmittel 3) und seinen Dampf undurchlässige Umhüllung 11) vom Träger 4) abgetrennt ist. Das obere Wärmerohr hingegen enthält außer einer leicht siedenden Flüssigkeit und ihrem Dampf auch das Gas, das von dem Träger 4) reversibel heterogen verdampfen kann. Der Dampf des leicht siedenden Lösungsmittels und das Gas, welches von dem Träger reversibel verdampfen kann, werden

- 8 -

an der druckfesten, semipermeablen Membran 8) voneinander getrennt.

Figur 6) stellt eine Ausführungsform dar, bei der das untere Wärmerohr Leitbleche 12) aufweist, an denen das Kondensat infolge der Schwerkraft an die Innenwand des Reaktionsgefäßes 9) gelangt und im Bereich der Wärmequelle 2) erneut verdampft. Der Träger 4) weist einerseits zentrale Bohrungen 5) auf, in den sich die leicht siedende Flüssigkeit des oberen Wärmerohres ansammeln kann. Weiterhin weist er Kanäle 13) auf, in denen unter Wärmeabgabe die Kondensation des Dampfes des unteren Wärmerohres erfolgt. Am Beispiel eines Metallhydridträgers wird im folgenden ein Zyklus aus Absorption und Desorption ausführlicher beschrieben:

15 In der ersten Phase, der Wasserstoffeinlagerung, strömt der Wasserstoff aufgrund äußeren Überdrucks durch die Wasserstoffanschlußleitungen 10) und die Membranen 8) in das Reaktionsgefäß 9). Die bei der Reaktion der Wasserstoffeinlagerung frei werdende Wärme bewirkt eine
20 Temperaturerhöhung des Trägers aus Metallhydrid 4) auf eine Temperatur, die oberhalb der Temperatur der Wärmesenke 1) liegt. Die Flüssigkeit 3) in den Bohrungen 5) verdampft und kondensiert wieder im Bereich der Wärmesenke 1). Es erfolgt also ein Wärmetransport von dem
25 Metallhydrid 4) zur Wärmesenke 1). In der zweiten Phase der Wasserstoff austreibung strömt der Wasserstoff aufgrund des inneren Überdrucks durch die Membranen 8) aus dem Reaktionsgefäß 9). Die bei der Freisetzung des Wasserstoffs aus dem Hydrid ablaufende Reaktion
30 benötigt Wärme und bewirkt eine Abkühlung des Metallhydrids 4) auf eine unterhalb der Wärmequelle 2) liegenden Temperatur. Der im Reaktionsgefäß 9) unterhalb des Metallhydrids vorhandene Dampf der leicht siedenden

- 9 -

Flüssigkeit 3) kondensiert unter Wärmeabgabe an der Oberfläche der Kondensationskanäle 13) des Metallhydrids 4). Das Kondensat gelangt infolge der Schwerkraft über die Leitfläche 12) an die Innenwand des Reaktionsgefäßes 9) und verdampft wieder im Bereich der Wärmequelle 2). Es erfolgt also ein Wärmetransport von der Wärmequelle 2) zum Metallhydrid 4).

Figur 7 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der der Träger 4 in eine Flüssigkeit mit guter Wärmeleitfähigkeit, beispielsweise Quecksilber eintaucht und dadurch wiederum ein guter Wärmeaustausch im und am Träger stattfindet. Auch bei dieser Ausführungsform taucht der Träger in ein oberes und ein unteres Wärmerohr ein und sind die beiden Wärmerohre überwiegend durch den Träger voneinander getrennt.

Studiengesellschaft Kohle mbH
4330 Mülheim/Ruhr

PATENTANWÄLTE

Dr.-Ing. von Kreisler † 1973
Dr.-Ing. K. Schönwald, Köln
Dr.-Ing. K. W. Eishold, Bad Soden
Dr. J. F. Fues, Köln
Dipl.-Chem. Alek von Kreisler, Köln
Dipl.-Chem. Carola Keller, Köln
Dipl.-Ing. G. Selting, Köln
Dr. H.-K. Werner, Köln

DEICHMANNHAUS AM HAUPTBAHNHOF
D-5000 KÖLN 1

Verfahren und Vorrichtung zur optimierten Wärmeübertragung
von Trägern reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur optimierten Wärmeübertragung von Trägern reversibler, heterogener Verdampfungsvorgänge zum Zwecke der Wärme- oder Kälteerzeugung mit Hilfe des Prinzips des Wärmerohres, dadurch gekennzeichnet, daß man den Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges in das Innere eines Wärmerohres einbringt.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man zwei Wärmerohre übereinander anordnet und diese durch den Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorgangs voneinander trennt.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Position des Trägers des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorgangs innerhalb des Wärmerohres von außen gesteuert verändert werden kann.

4. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man zwei Wärmerohre mit dem Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges im Innern des Wärmerohres so miteinander verbindet, daß die beiden Träger über eine Gasleitung und Pumpe miteinander verbunden sind, und beide Wärmerohre miteinander um 180° so gedreht werden können, daß sich jeweils in einem Wärmerohr der Träger oben und im anderen Wärmerohr der Träger unten befindet.
5. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges, das jeweils verwendete Gas sowie Flüssigkeit und Dampf der jeweils verwendeten leicht siedenden Flüssigkeit miteinander verträglich sind.
6. Verfahren gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das an dem Träger reversibel verdampfende Gas von dem Dampf der leicht siedenden Flüssigkeit an einer druckfesten, semipermeablen Membran voneinander getrennt werden.
7. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger des reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges von der leicht verdampfenden Flüssigkeit durch eine zumindest für das leicht verdampfende Lösungsmittel und seinen Dampf undurchlässige Umhüllung abgetrennt ist.
8. Verfahren gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die obere und untere Kammer des zweigeteilten Wärmerohres mit zwei verschiedenen leicht verdampfenden Flüssigkeiten gefüllt ist.
9. Verfahren gemäß Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial geometrisch so gestaltet ist, daß



eine möglichst große Berührungsfläche für die leicht siedende Flüssigkeit besteht.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, bestehend aus einem Wärmerohr, welches unten mit einer Wärmequelle und oben mit einer Wärmesenke verbunden ist, welches eine leicht siedende Flüssigkeit enthält und einen Träger eines reversiblen, heterogenen Verdampfungsvorganges sowie eine Zu- bzw. Ableitung für das Gas des reversiblen heterogenen Verdampfungsvorganges.
11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger des reversiblen heterogenen Verdampfungsvorganges einen Eisenkern enthält und von außen durch einen Magneten innerhalb des Wärmerohres verschoben werden kann.
12. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger des reversiblen heterogenen Verdampfungsvorganges ein oberes und ein unteres Wärmerohr voneinander trennt.
13. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas des reversiblen heterogenen Verdampfungsvorganges von dem Dampf der leicht siedenden Flüssigkeit durch eine druckfeste, semipermeable Membran voneinander getrennt werden.
14. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger des reversiblen heterogenen Verdampfungsvorganges durch eine Umhüllung von der leicht siedenden Flüssigkeit und/oder ihrem Dampf durch eine Umhüllung abgetrennt ist.

1/6

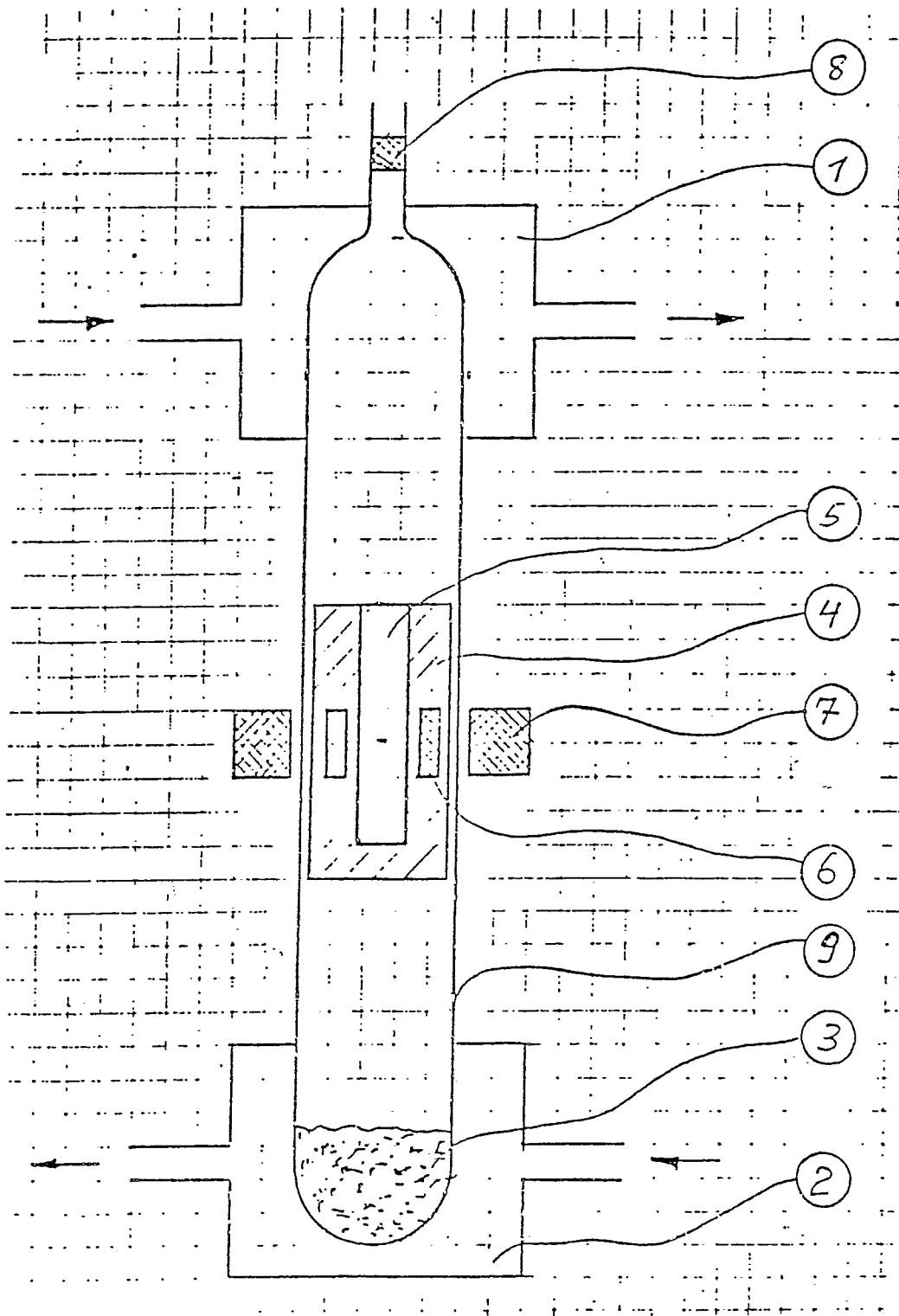


Fig 1

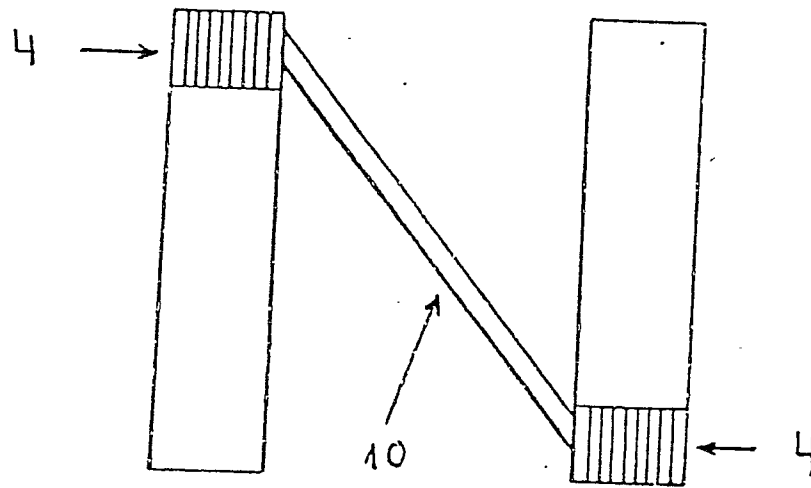


Fig 2

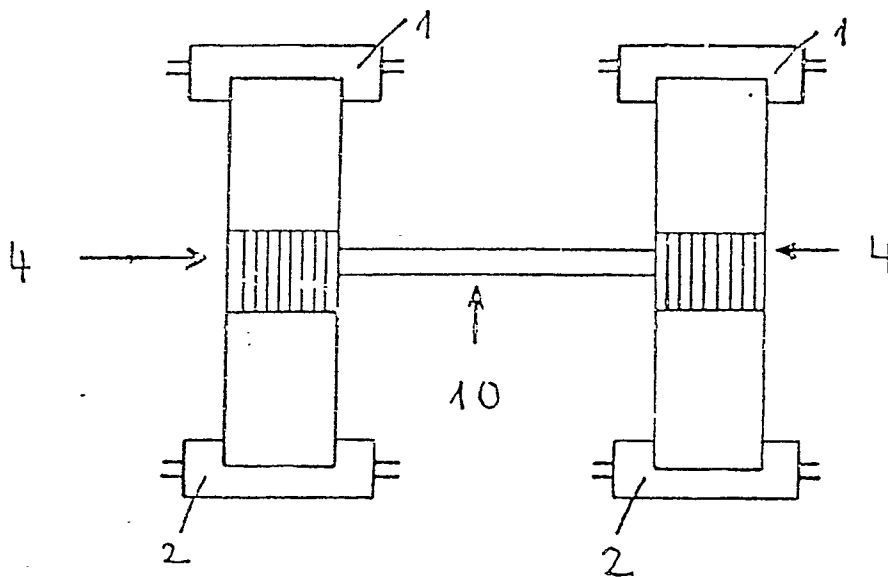


Fig 3

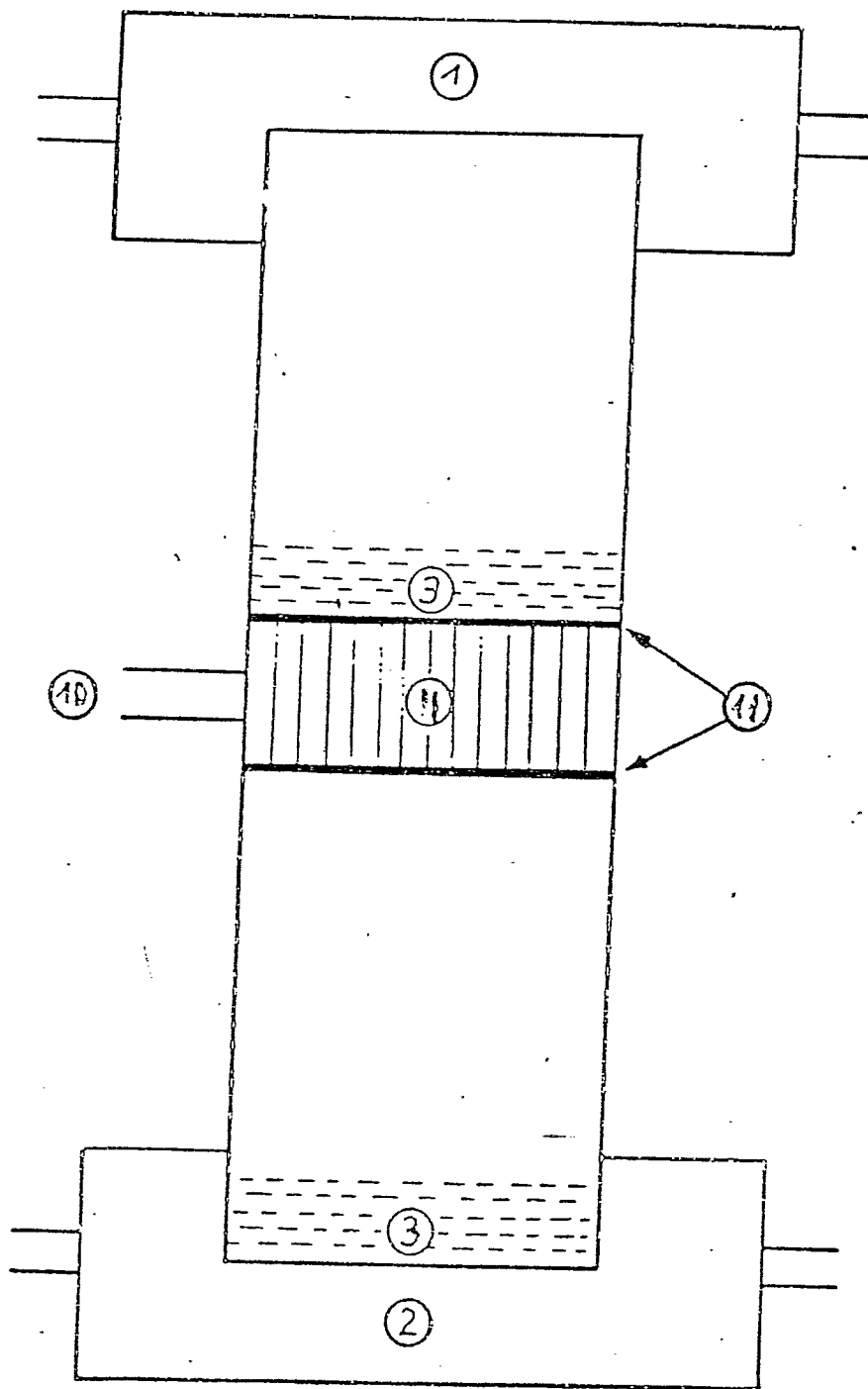


Fig 4

4/6

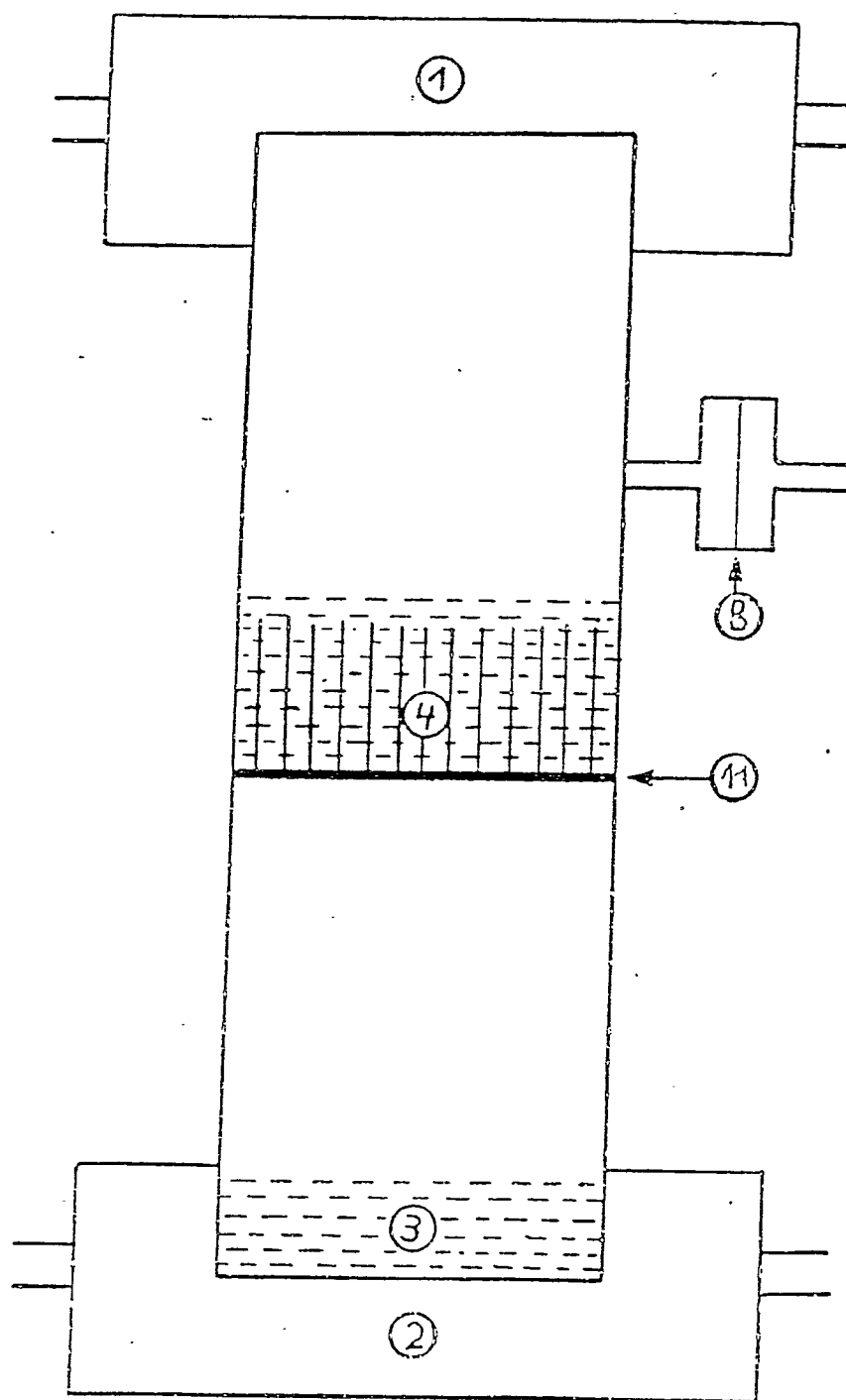


Fig 5

5/6

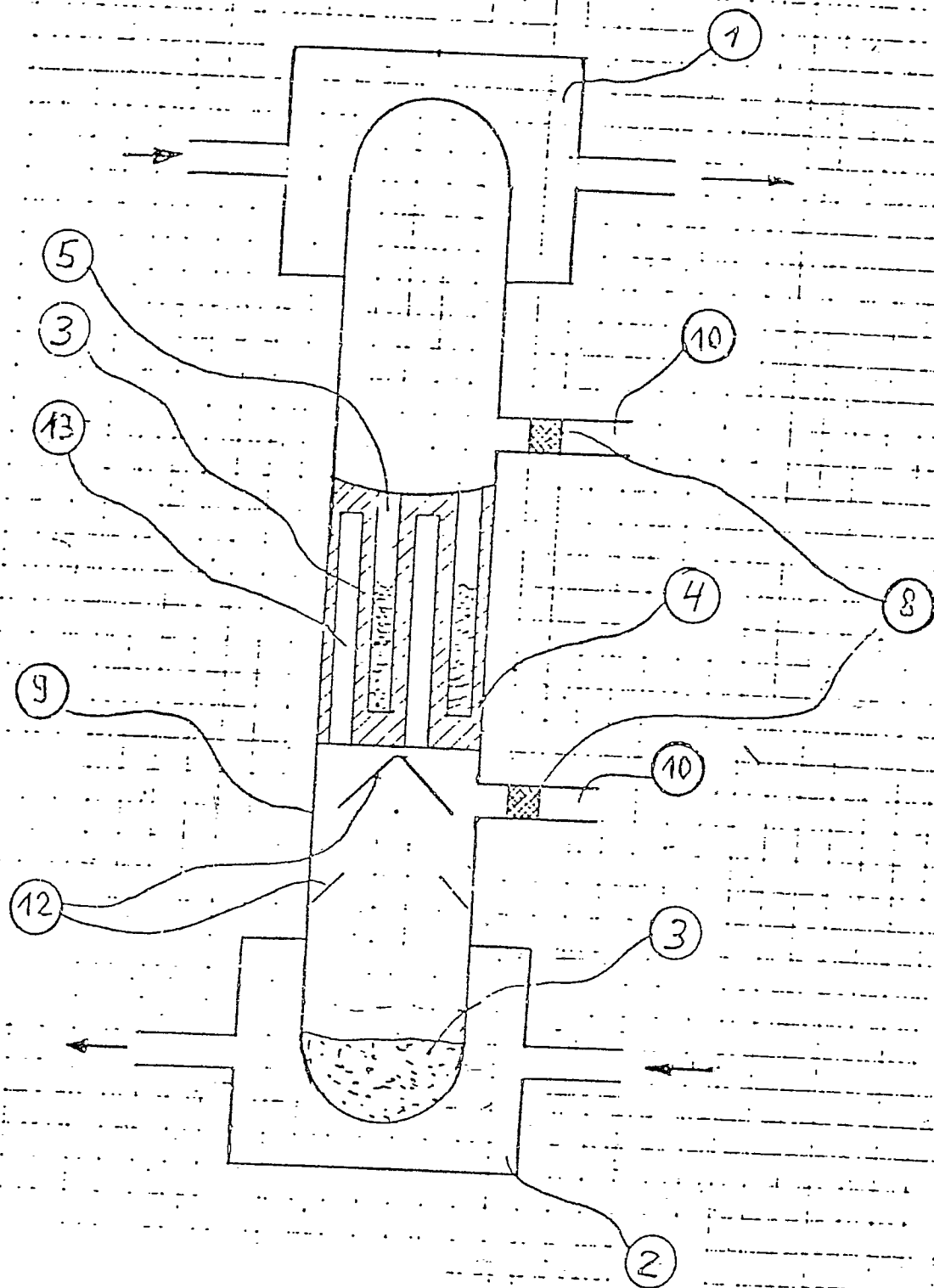


Fig 6

6/6

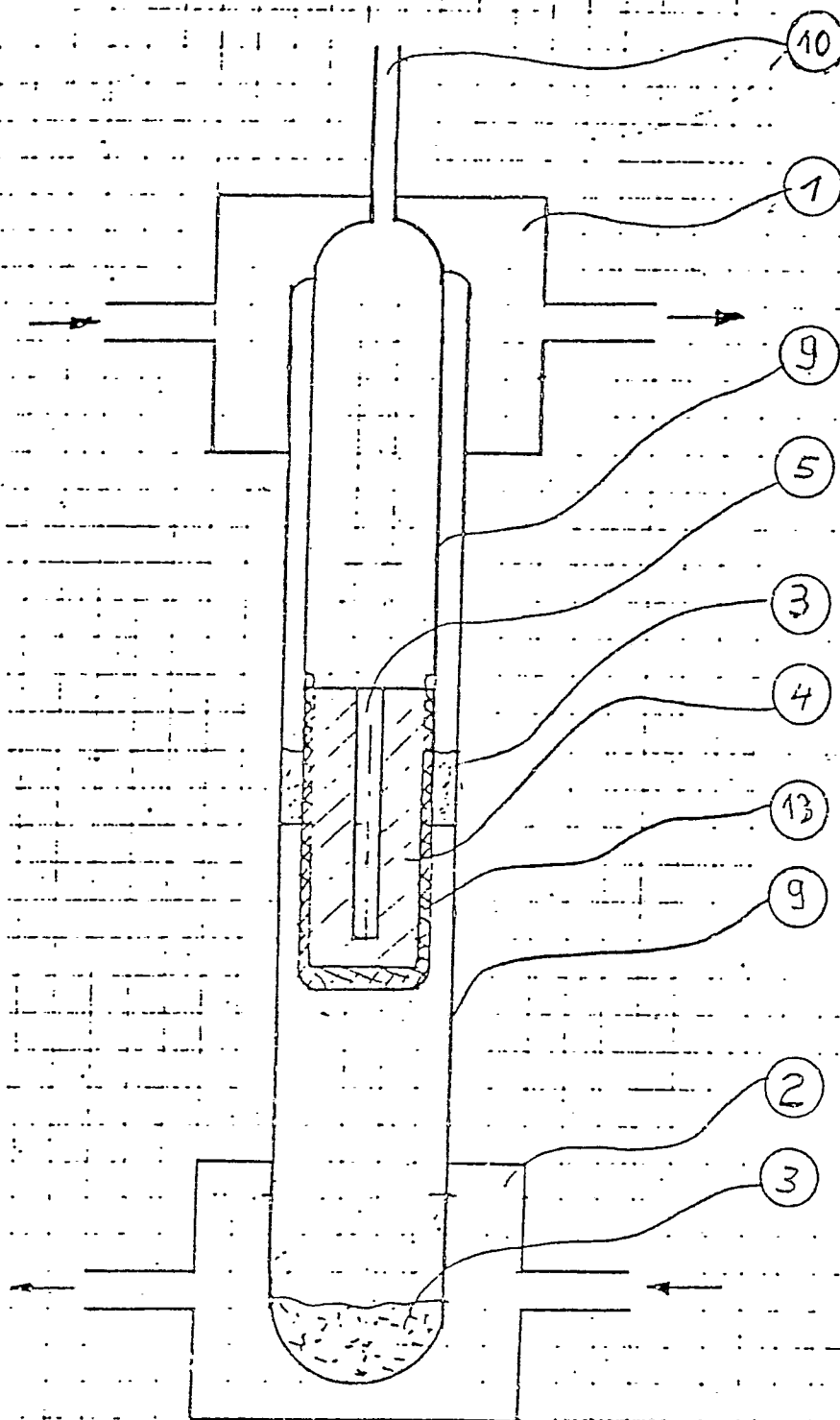


Fig 7