



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.08.2007 Patentblatt 2007/33

(51) Int Cl.:
F25D 3/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07100542.5**

(22) Anmeldetag: **15.01.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Berger, Thomas**
45219 Essen (DE)
• **Böckler, Thomas**
47807 Krefeld (DE)

(30) Priorität: **09.02.2006 DE 102006005885**

(74) Vertreter: **Münzel, Joachim R.**
Messer Group GmbH
Otto-Volger-Strasse 3c
65843 Sulzbach (DE)

(71) Anmelder: **Messer Group GmbH**
65843 Sulzbach (DE)

(54) **Vorrichtung zum Kühlen von flüssigen oder gasförmigen Medien**

(57) Um gasförmige oder flüssige Medien, wie beispielsweise gasförmiges oder flüssiges Kohlendioxid zu kühlen, kommen üblicherweise Kälteaggregate zum Einsatz, die allerdings aufgrund des Leistungsbedarfs sehr teuer in Beschaffung und Unterhaltung sind.

Erfindungsgemäß wird das zu kühlende Medium durch einen Wärmetauscher geführt, der mit einem Bad aus einem kryogenen Kühlmedium, insbesondere Kohlendioxid thermisch verbunden ist. Das Bad ist in einem

isolierten Behälter aufgenommen, in den das Kühlmedium unter hohem Druck im flüssigen Zustand an einem Entspannungsventil eingedüst wird. Der Behälter ist mit einem Druckventil ausgerüstet, mittels dessen der Druck im Behälter, und somit der Enddruck der Entspannung des Kühlmediums und somit die Temperatur des Bades eingestellt werden kann. Auf diese Weise kann die Kühltemperatur der zu kühlenden Flüssigkeit in einem weiten Bereich eingestellt werden. Einer mit Fremdenergie betriebenen Anlage bedarf es nicht.

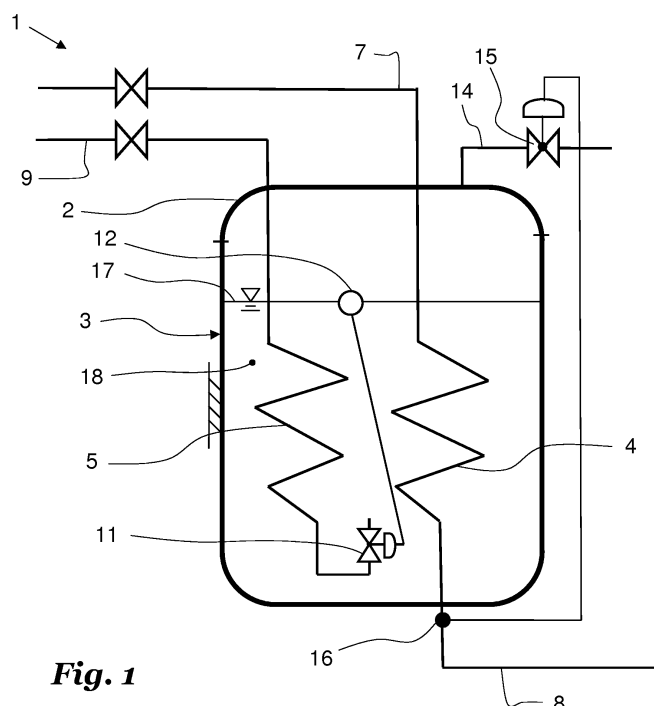


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Kühlen von flüssigen oder gasförmigen Medien.

[0002] Tiefsiedende verflüssigte Gase können nur durch besonders gute Isolation der Speicherbehälter und der Rohrleitungen flüssig gehalten werden. Schon die geringste Wärmeeinstrahlung oder Reibungswärme kann je nach Siedezustand zu einer Teilverdampfung führen. Die Siedebläschen sammeln sich außer im Kopfraum des Speicherbehälters z.B. auch in senkrechten Rohrkrümmern. Diese sogenannten Gaspolster in der Versorgungsleitung führen zu Störungen an der Entnahmestelle, wenn eine reproduzierbare Dosierung des verflüssigten Gases gefordert wird. Es ist leicht einzusehen, dass durch eine gleich große Öffnung in gleichen Zeitintervallen wegen des Dichteunterschiedes zwischen Gas und Flüssigkeit unterschiedliche Mengen strömen. Um nun zuverlässig reine Flüssigkeit vor dem Dosierorgan anstehen zu haben, muss man das verflüssigte Gas gegenüber seinem jeweiligen Siedezustand unterkühlen.

[0003] Eine solche Unterkühlung lässt sich beispielsweise dadurch bewerkstelligen, dass das flüssige Kühlmittel isobar mittels eines elektrischen Kühlaggregates so weit unterkühlt wird, dass bei der Umwälzung in einem Ringleitungssystem durch Wärmeeinstrahlung und Reibungsverluste keine Teilverdampfung auftritt. Die hierzu notwendigen Aggregate sind jedoch aufgrund ihres hohen Leistungsbedarfs sehr teuer in Anschaffung und Betrieb.

[0004] In der DE 2929709 A1 wird eine Vorrichtung beschrieben, bei der eine Eigenmediumskühlung der zu unterkühlenden Flüssigkeit, nämlich Flüssigstickstoff, erfolgt. Die Vorrichtung umfasst einem von dem zu unterkühlenden Flüssigstickstoff durchströmten Wärmeaustauscher, der in einem isolierten Behälter angeordnet ist. Der Wärmeaustauscher ist als Kühlschlange ausgebildet, an die ein schwimmerbetätigtes Hebelventil angeschlossen ist, welches im Behälter ein die Kühlschlange umgebendes Bad aus Flüssigstickstoff aufrechterhält. Im Kopfraum des Behälters ist ein Gasauslassventil vorgesehen, das dafür sorgt, dass der Druck im Behälter dem Umgebungsdruck entspricht. Da der Druck des Flüssigstickstoffbades gegenüber dem Druck des zu unterkühlenden Gases reduziert ist, liegt seine Siedetemperatur unter der Siedetemperatur des zu unterkühlenden Gases. Durch das Bad wird daher der unter Druck stehende Flüssigstickstoff in der Kühlschlange unterkühlt, bereits aufgetretene Gasblasen werden wieder verflüssigt.

[0005] Ein Nachteil dieser Ausgestaltung ist, dass die Bandbreite der Temperatureinstellung sehr schmal ist.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zum Kühlen von fluiden Medien, insbesondere zum Unterkühlen von Flüssigkeiten zu schaffen, mit der auf einfache Weise eine hohe Bandbreite der Temperatureinstellung erreicht werden kann.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vorrich-

tung zum Kühlen von flüssigen oder gasförmigen Medien, mit einem in einem isolierten Behälter angeordneten Wärmetauscher, der von dem zu kühlenden Medium durchströmt wird und der in einem Bad aus einem Kühlmedium aufgenommen ist, mit einem in das Innere des isolierten Behälters an einem Entspannungsorgan ausmündenden Druckleitung für das Kühlmedium und mit einer mit einem Druckregelventil zur Einstellung des Drucks im Behälter ausgerüsteten Ausgangsleitung für das Kühlmedium.

[0008] Durch die Entspannung des Kühlmediums beim Eintritt in den Behälter sinkt die Temperatur des Kühlmediums aufgrund des Joule-Thomson-Effektes. Die Höhe des bei der Entspannung auftretenden Druckabfalls wird vom Druck des zugeführten Kühlmediums und vom frei einstellbaren Druckhaltewert am Druckregelventil in der Ausgangsleitung bestimmt. Zusammen mit dem zusätzlichen Parameter der der Temperatur des zugeführten Kühlmediums vor der Entspannung kann somit eine vorgegebene Temperatur im Kühlmediumsbad eingestellt werden. Unabhängig von einer Fremdkühlung kann so ein gasförmiges oder flüssiges Medium durch Wärmetausch mit dem Kühlmediumsbad gekühlt werden, wobei lediglich darauf geachtet werden muss, dass die Temperatur des Kühlmediumsbades im Innern des Behälters nicht so niedrig ist, dass das durch den Wärmetauscher geführte Medium einfriert.

[0009] Um die Temperatur des zugeführten Kühlmediums als weiteren freien Parameter nutzen zu können, ist es zweckmäßig, dass die Druckleitung vor ihrer Mündung am Entspannungsorgan eine Einrichtung zur Temperierung des Kühlmediums durchläuft. In vielen Fällen kommt es jedoch darauf an, dass das Kühlmedium bereits vor der Entspannung eine besonders tiefe Temperatur aufweist. In diesem Fall ist es besonders wirtschaftlich, wenn als Einrichtung zum Temperieren des Kühlmediums ein Wärmetauscher im Kühlmediumsbad vorgesehen ist. Das Kühlmedium wird also im eigenen Kühlmediumsbad vorgekühlt.

[0010] Um den Pegelstand im Innern des Behälters konstant zu halten und somit eine gleich bleibende Kühlung zu erzielen, ist zweckmäßigerweise eine Einrichtung zur Ermittlung des Füllstandes des Kühlmediumsbades vorgesehen, die mit einem in der Druckleitung für das Kühlmedium angeordneten Sperrorgan wirkverbunden ist. Bei Unterschreiten einer vorgegebenen Pegelhöhe öffnet sich das Sperrorgan der Druckleitung und flüssiges Kühlmedium strömt nach. Im einfachsten Fall handelt es sich bei der Einrichtung zur Ermittlung der Füllhöhe um ein schwimmergesteuertes Hebelventil. Freilich sind schwimmergesteuerte Ventile in der Praxis oft unzuverlässig, da die Dichte der stark siedenden Flüssigkeit im Behälter, und damit der Auftrieb für den Schwimmer, oftmals nicht ausreicht, um das Ventil zu schließen. Hinzu kommt, dass der Dichteunterschied zwischen Flüssigkeit und Gas nahe des kritischen Punktes immer geringer wird. Dies ist insbesondere bei Verwendung von Kohlendioxid als Kühlmittel von Bedeu-

tung, da dieses häufig in der Nähe des kritischen Punktes eingesetzt wird. Zuverlässiger hat sich in solchen Systemen die Ermittlung von Füllständen mittels Widerstandsmessung oder Messung der Wärmeleitfähigkeit erwiesen. Bei diesen Messmethoden wird durch einen Vergleich dieser Parameter an mehreren, vertikal voneinander beabstandeten Punkten im Behälter auf den Aggregatzustand und damit die Füllhöhe geschlossen.

[0011] Zweckmäßigerweise ist eine Einrichtung zur Erfassung der Temperatur des gekühlten Mediums vorgesehen, die mit dem Druckregelventil wirkverbunden ist. Der Druck am Druckregelventil und damit die Temperatur des Kühlmediumsbades wird bei dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung kontinuierlich in Abhängigkeit von einer gewünschten Temperatur des behandelten Mediums eingestellt.

[0012] Ein bevorzugtes Kühlmedium ist Kohlendioxid. Kohlendioxid ermöglicht aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften eine Einstellung der Temperatur des Kühlmediumsbades durch entsprechende Einstellung des Drucks in einem weiten Bereich zwischen +10 °C und -55 °C.

[0013] Besonders vorteilhaft eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Unterkühlung, also zur Abkühlung auf eine Temperatur deutlich unterhalb des Siedepunkts des eingesetzten kryogenen Mediums, beispielsweise von flüssigem Kohlendioxid. Durch Unterkühlung lassen sich insbesondere Kavitationseffekte bei Kolbenpumpen reduzieren. Bei der Erzeugung von Kohlendioxidschnee mittels Entspannung des flüssigen Kohlendioxids auf Umgebungsdruck lässt sich durch Unterkühlung zudem die Ausbeute, d.h. der Schneeanteil gegenüber dem Anteil an erzeugtem Kohlendioxidgas, erhöhen.

[0014] Die Zeichnung (Fig. 1) veranschaulicht schematisch ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0015] Die Vorrichtung 1 umfasst einen mit einem Deckel 2 verschlossenen Behälter 3 mit thermisch isolierten Wänden. Im Innern des Behälters 3 sind zwei Kühlschlangen 4,5 angeordnet. Die Kühlschlange 4 dient zur Kühlung eines flüssigen oder gasförmigen Mediums, das über eine isolierte Zuleitung 7 in den Behälter 3 hineingeführt wird und über eine gleichfalls isolierte Ableitung 8 den Behälter wieder verlässt. Die Kühlschlange 5 dient zur Unterkühlung von flüssigem Kohlendioxid, das über eine isolierte und druckfeste Kohlendioxid-Zuleitung 9 aus einem hier nicht gezeigten Kohlendioxid-Versorgungstank, beispielsweise einem Niederdruck- oder Mitteldrucktank herangeführt wird. Am Ende der Kühlschlange 5 ist ein Entspannungsventil 11 angeschlossen, welches durch einen Schwimmer 12 betätigt wird. In einer vereinfachten Ausgestaltung der Vorrichtung 1 kann jedoch auch auf die Kühlschlange verzichtet werden und das flüssige Kohlendioxid unmittelbar an einem mit einem Ventil 11 ausgerüsteten Entspannungsorgan, das sich beispielsweise im Bereich des Eintritts der Zuleitung 9 in den Behälter 3 befindet, in den Behälter ein-

geleitet werden. Anstelle der Schwimmersteuerung können auch andere Messeinrichtungen zur Füllstandmessung vorgesehen sein, die mit dem Entspannungsventil 11 wirkverbunden sind, und die insbesondere beim Einsatz des Kohlendioxids in der Nähe seines kritischen Punktes geeigneter sind. Im Deckel 2 des Behälters 3 ist eine Abgasleitung 14 zur Ableitung von gasförmigem Kohlendioxid vorgesehen. In der Abgasleitung 14 ist ein Druckhalteventil 15 montiert, das den Druck in der Abgasleitung 14, stromaufwärts zum Druckhalteventil 15, und damit im Behälter 3, auf einen vorbestimmten Wert konstant hält. Das Druckhalteventil 15 steht mit einem Temperaturmessgerät 16 in Datenverbindung, das die Temperatur in der Ableitung 8, unmittelbar nach dem Austritt aus dem Behälter 3, misst.

[0016] Beim Betrieb der Vorrichtung 1 befindet sich ein Bad 18 aus flüssigem Kohlendioxid bis zur Höhe eines bestimmten Pegels 17 im Innern des Behälters 3. Zugleich befindet sich flüssiges Kohlendioxid unter Druck in der Kohlendioxid-Zuleitung 9. Der Druck des Kohlendioxids in der Kohlendioxid-Zuleitung 9 entspricht entweder dem des Versorgungstanks oder es ist in der Kohlendioxid-Zuleitung 8 eine Einrichtung zur Druckerhöhung zwischengeschaltet. Das Entspannungsventil 11 ist so aufgebaut, dass bei Vorliegen einer Druckdifferenz zwischen der Kohlendioxid-Zuleitung und Unterschreiten einer vorgegebenen Höhe des Pegels 17 flüssiges Kohlendioxid in den Behälter 3 nachströmt. Das sich entspannende flüssige Kohlendioxid verdampft dabei zum Teil und wird über die Abgasleitung 14 abgeführt. Der nicht verdampfte Teil des einströmenden Kohlendioxids bildet das die Kühlschlangen 4,5 umgebende Bad 18. Über das Druckhalteventil 15 kann dabei der Druck im Innern des Behälters 3 und damit der beim Ausströmen des Kohlendioxids stattfindende Druckabfall geregelt werden. Aufgrund des Joule - Thomson - Effekts führt die Entspannung des flüssigen Kohlendioxids zu einem Temperaturabfall des in den Behälter 3 einströmenden flüssigen Kohlendioxids. Aus diesem Grund ist die Temperatur des flüssigen Kohlendioxids im Behälter 3 geringer als die des flüssigen Kohlendioxids in der Kohlendioxid-Zuleitung 9. Bei einer geeigneten Wahl des Drucks und der Temperatur in der Kohlendioxid-Zuleitung 9 und des Drucks im Behälter 3 ist es so möglich, die Temperatur des Bades 18 innerhalb eines Bereiches zwischen +10°C und -55°C exakt festzulegen. Die Temperatur des gekühlten Mediums wird mittels des Temperaturmessgerätes 16 laufend gemessen, sodass der Stelldruck am Druckhalteventil 15 in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur auf einen gewünschten Wert oder Verlauf geregelt werden kann. Darüber hinaus wird die Höhe des Pegels 17 mittels des Schwimmers 12 und dem mit diesem wirkverbundenen Entspannungsventil 11 kontrolliert. Sinkt der Pegelstand ab, wird das Entspannungsventil 11 geöffnet und flüssiges Kohlendioxid strömt aus der Kohlendioxid-Zuleitung 9 nach. Das über die Zuleitung 7 herangeführte Medium gibt bei seinem Weg durch die Kühlschlange 4 Wärme an das Kohlendioxid-Bad 18

im Behälter 3 ab und verlässt gekühlt den Behälter 3 über die Ableitung 8. Das zu kühlende Medium wird dabei, bei genügend dimensionierter Auslegung der Kühlschlange 4, bis annähernd auf die Temperatur des Bades 18 abgekühlt. Die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 arbeitet demnach völlig unabhängig von Fremdenergie. Aufgrund des weiten Bereiches, innerhalb dessen die Temperatur des Bades 18 im Behälter 3 eingestellt werden kann, eignet sich die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Kühlung einer Vielzahl von flüssigen oder gasförmigen Medien, beispielsweise aus dem pharmazeutischen oder lebensmitteltechnischen Bereich. Die Vorrichtung 1 ist auch zur Unterkühlung von flüssigem Kohlendioxid geeignet, wobei die Trennung der beiden Kühlschlangen 4 und 5 die Einstellung unabhängiger Temperatur- und Druckverhältnisse in den Zuleitungen 9 und 7 ermöglicht. In einer Variante der Vorrichtung 1 kann jedoch auch das als Kühlmedium eingesetzte flüssige Kohlendioxid dem Strom des zu unterkühlenden Kohlendioxids entnommen werden.

Beispiel:

[0017] Das in der Kohlendioxid-Zuleitung 9 herangeführte flüssige Kohlendioxid 9 besitze einen Druck von 20 bar und eine Temperatur von -25°C. Nach Durchlaufen der Kühlschlange 5, die allerdings lediglich der Vor-
kühlung dient und auf den erreichbaren Temperaturwert des Bades 18 keinen Einfluss hat, und dem anschließenden Austritt am Entspannungsventil 11 werde das Kohlendioxid auf einen Druck von etwas über 5 bar, der dem eingestellten Solldruck am Druckhalteventil 15 entspricht, entspannt. Dadurch reduziert sich seine Temperatur auf -50°C. Ein Teil des Kohlendioxids verdampft und wird über die Abgasleitung 14 abgeführt, sobald der Druck im Behälter einen Wert von etwas über 5 bar - also ein Druckwert, bei dem das auf -50°C gekühlte Kohlendioxid im Behälter 3 gerade eben noch flüssig ist - übersteigt. Der bei der Entspannung nicht verdampfende Teil bildet und ergänzt laufend das Bad 18 aus flüssigem Kohlendioxid, dessen Temperatur demzufolge ebenfalls -50°C beträgt. Bei der Kühlung des durch die Kühlschlange 4 hindurch geführten Mediums wird Kälteenergie dem Bad 18 aus flüssigem Kohlendioxid entnommen, indem dieses teilweise verdampft und über die Abgasleitung 14 irreversibel ins Freie abströmt.

Bezugszeichenliste

[0018]

1. Vorrichtung
2. Deckel
3. Behälter
4. Kühlschlange (für die zu kühlende Flüssigkeit)
5. Kühlschlange (für Kohlendioxid)
6. -
7. Zuleitung

8. Ableitung
9. Kohlendioxid-Zuleitung
10. -
11. Entspannungsventil
12. Schwimmer
13. -
14. Abgasleitung
15. Druckhalteventil
16. Temperaturmessgerät
17. Pegel
18. Bad

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Kühlen von flüssigen oder gasförmigen Medien, mit einem in einem isolierten Behälter (3) angeordneten Wärmetauscher (4), der von dem zu kühlenden Medium durchströmt wird und der in einem Bad (18) aus einem Kühlmedium aufgenommen ist, mit einem in das Innere des isolierten Behälters (3) an einem Entspannungsorgan (11) ausmündenden Druckleitung (9) für das Kühlmedium und mit einer mit einem Druckregelventil (15) zur Einstellung des Drucks im Behälter (3) ausgerüsteten Ausgangsleitung (14) für das Kühlmedium.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckleitung (9) für das Kühlmedium vor ihrer Ausmündung an dem Entspannungsorgan (11) eine Einrichtung zum Temperieren des Kühlmediums durchläuft.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Einrichtung zum Temperieren ein Wärmetauscher (5) im Kühlmediumsbad (18) vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einrichtung zur Ermittlung des Füllstandes des Kühlmediumsbades (18) mit einem in der Druckleitung (9) für das Kühlmedium angeordneten Sperrorgan (11) zur Aufrechterhaltung eines vorbestimmten Pegelstandes (17) im Behälter (3) wirkverbunden ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Einrichtung (16) zur Erfassung der Temperatur des gekühlten Mediums vorgesehen ist, die mit dem Druckregelventil (15) wirkverbunden ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kühlmedium im Behälter (3) Kohlendioxid zum Einsatz kommt.
7. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vor-

hergehenden Ansprüche zur Unterkühlung kryogener Medien.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

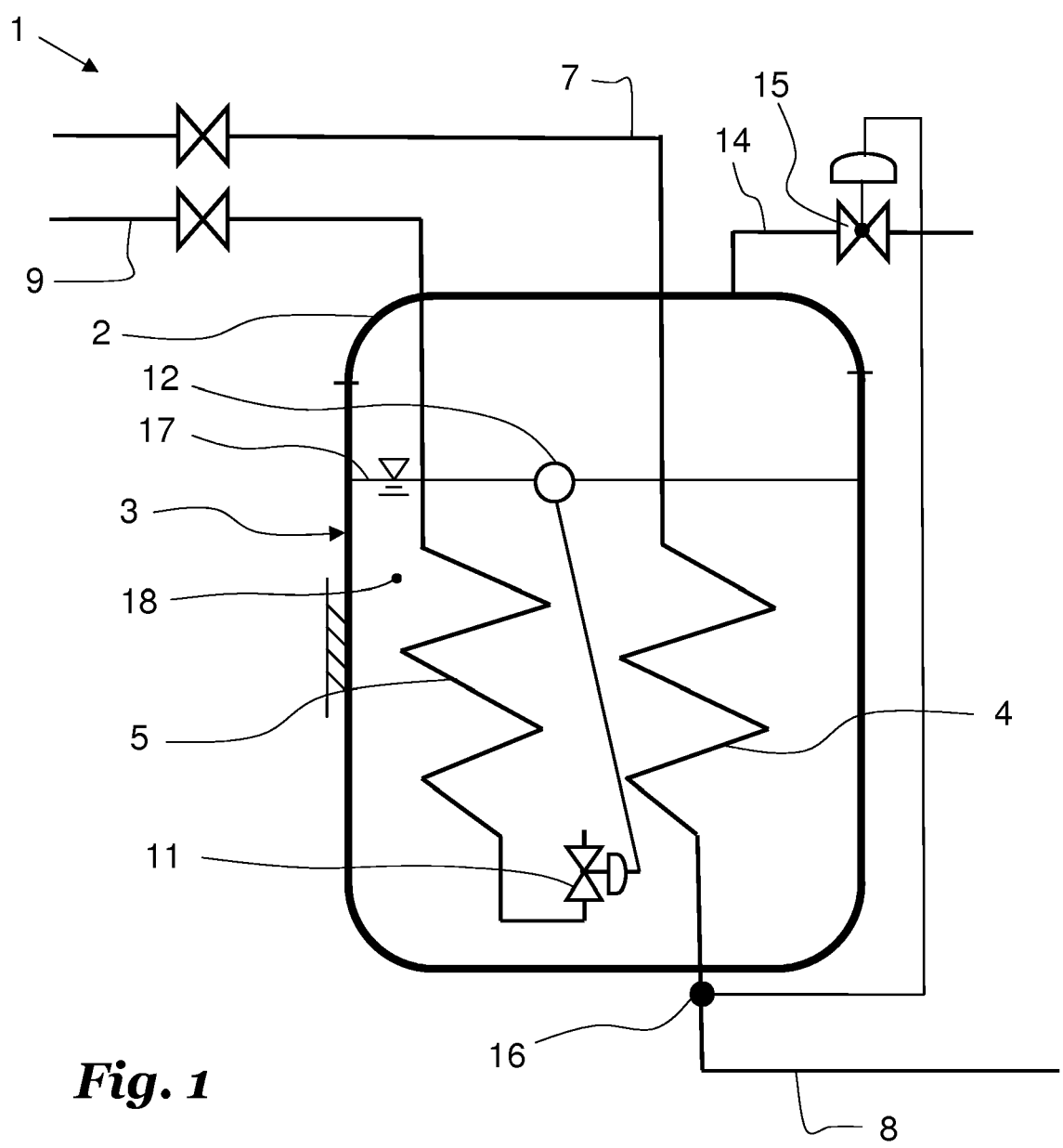


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2929709 A1 [0004]