



**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: 87106424.2

Int. Cl.4: F25D 3/10 , F25D 29/00

Anmeldetag: 04.05.87

Priorität: 06.05.86 DE 3615364

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
09.12.87 Patentblatt 87/50

Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE DE FR

Anmelder: Linde Aktiengesellschaft  
Abraham-Lincoln-Strasse 21  
D-6200 Wiesbaden(DE)

Erfinder: Musselmann, Menno, Dipl.-Ing.  
Im Hofpoint 12  
D-8152 Feldkirchen(DE)

Vertreter: Schaefer, Gerhard, Dr.  
Linde Aktiengesellschaft Zentrale  
Patentabteilung  
D-8023 Höllriegelskreuth(DE)

**Verfahren und Vorrichtung zur Kühlung von Materialien.**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kühlung von Materialien durch Einsatz von Kaltgas. Die Temperatur des Kaltgases wird durch eine Heizung geregelt. Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht aus einer Kühleinrichtung zur Aufnahme von Materialien, wobei diese mit einem Verdampfer und einer elektrischen Heizvorrichtung ausgestattet ist. Die Heizvorrichtung steht über einen Regler mit einem im Inneren der Kühleinrichtung angeordneten Temperaturfühler in Verbindung.

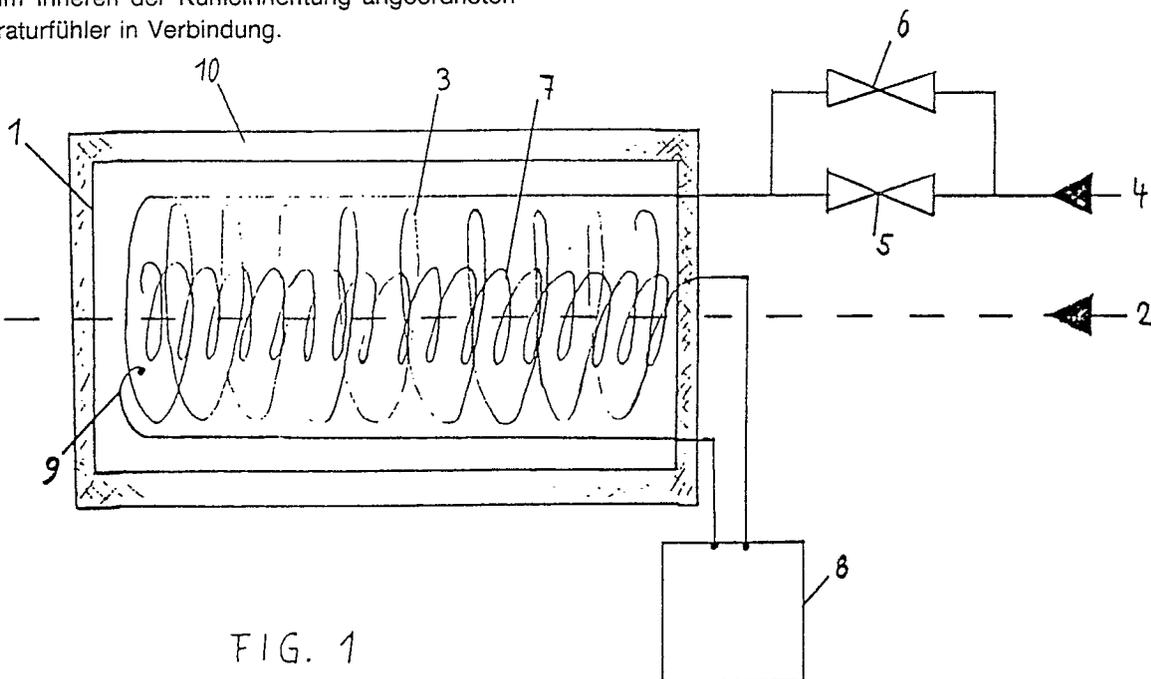


FIG. 1

EP 0 248 216 A2

## Verfahren und Vorrichtung zur Kühlung von Materialien

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kühlung von Materialien durch Einsatz von Kaltgas.

Bei der Herstellung und Verarbeitung von bestimmten Materialien ist es oft notwendig, diese im Rahmen verschiedener Behandlungsstufen auch einem Kühlprozeß zu unterziehen. Zu diesen Materialien zählen z.B. Textilien, Papier, Leder, Folien aus Kunststoff, Gummi, Vulkanfiber und dergleichen. So ist es teilweise nötig um einen kontinuierlichen Verarbeitungsprozeß zu gewährleisten, daß nach einem Trockenvorgang oder einem Thermofixiervorgang das Material kurzzeitig zu kühlen. Durch diesen Kühlprozeß ist es möglich, gewisse Materialien in ihrer Form zu fixieren, deren Qualität zu verbessern oder Material einzusparen.

Entsprechend der Art und Herstellungsform des Materials sind verschiedene Verfahrensweisen zur Kühlung bekannt. So kann gemäß der DE-OS 30 15 672 zur Kühlung von Textilien ein Kühlmittel, vorzugsweise flüssiger Stickstoff, verwendet werden, das auf die Materialien aufgeblasen wird, wobei das Kühlmittel direkt oder nach der Mischung mit einem Gas aufgeblasen werden kann. Dieses Eindüsen von flüssigem Stickstoff in einen Luftstrom kann noch weiter modifiziert werden. Jedoch zeigt sich bei all diesen Verfahren der Nachteil der Eisbildung. Auch ist es nicht möglich, dadurch eine stabile Kühlumgebung aufrechtzuerhalten.

Ein anderes generelles Verfahren ist die Erzeugung von Kaltgas über einen luftbeheizten Verdampfer, das auch in verschiedenen Ausführungsformen angewendet wird. Nachteilig bei diesem Verfahren ist der geringe Wirkungsgrad und die teilweise hohe Investition für Kompressoren. Bei den herkömmlichen Verfahren für z. B. die Textilbehandlung oder Folienblasen wird durch die Veränderung der Einspeisemenge des flüssigen Kältemittels die erforderliche Temperatur grob geregelt. Eine Feinregulierung durch Verwendung von speziellen Regelventilen in Verbindung mit einer Temperaturüberwachung erbrachte keine befriedigende Lösung.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß auf einfache aber präzise Weise die Temperatur des Kaltgases geregelt werden kann, ohne die obengenannten Nachteile mit sich zu bringen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Temperatur des Kaltgases durch eine Heizung geregelt wird.

Erfindungsgemäß wird durch eine Heizung die Aufgabe der Feinregelung der Temperatur des Kaltgases übernommen.

Nachdem das Kaltgas nach Wärmeaustausch, mit der Umgebung einen stabilen Temperaturwert, der sich aber unterhalb des gewünschten Einstellwerts bewegt, angenommen hat, wird über die Heizung die exakte Temperatur stetig geregelt. Die Heizleistung muß dabei dem Kühlsystem angepaßt werden und sollte gerade so hoch gewählt werden, daß sie den gewünschten Temperatureinstellbereich gewährleistet. Durch Wärmeaustausch zwischen den zu kühlenden Materialien und dem Verdampfer wird durch Nutzung der Verdampfungsenthalpie ein hoher Wirkungsgrad erreicht.

Nach einer besonderen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Kaltgas durch Verdampfen von verflüssigtem Gas gewonnen.

Bei einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Grundeinstellung der Kühlleistung durch die Menge an Kaltgas, das dem Verdampfer kontinuierlich zugeführt wird, geregelt. Die Heizung sorgt unmittelbar nach Einstellung des Temperaturgleichgewichts während der Anfahrphase für eine stabil regelbare Temperatur.

Dadurch ergibt sich für die Temperatur des Kaltgases der Vorteil eines breiten Einstellbereiches von z.B. 0°C bis -180°C. Vorzugsweise wird die Temperatur im Arbeitsbereich für die Kühlung von Materialien von -50°C bis -120°C geregelt. Die tiefen Temperaturen von flüssigen Kältemitteln ermöglichen kurze Abkühlzeiten, was sich bei der Anfahrphase durch rasches Einstellen der Grundtemperatur zeigt. Bei Hinzuhalten der Heizung steigt die Kühltemperatur entsprechend der Heizleistung an.

Mit Vorteil wird bei dem Verfahren nach der Erfindung die Temperatur des Kaltgases mittels eines Temperaturfühlers im Kühlsystem überwacht. Der Temperaturfühler steht mit einem Regler für die Heizung in Verbindung und sorgt dadurch automatisch, daß der vorgegebene gewünschte Temperaturbereich des Kaltgases aufrechterhalten wird. Es wird bevorzugt Stickstoff als Kaltgas verwendet, da flüssiger Stickstoff durch eine tiefe Verdampfungstemperatur von -196°C charakterisiert ist. Beim Verdampfen des flüssigen Gases und der Erwärmung des Kaltgases auf beispielsweise 0°C nimmt der Stickstoff ca. 500 kJ auf, d.h. diese Wärmeenergie wird vom zu kühlenden Material abgezogen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit einer Kühleinrichtung zur Aufnahme von Materialien ist vorteilhafterweise dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung mit einem Verdampfer und einer elektrischen Heizvorrichtung ausgestattet ist, wobei der Verdampfer mit einer Quelle für Kaltgas und die Heizvorrichtung über einen Regler mit einem im Inneren der Kühleinrichtung angeordneten Temperaturfühler in Verbindung steht.

Eine besondere Ausgestaltung der Vorrichtung, in der der Verdampfer über eine Zufuhrleitung mit einer Quelle für verflüssigtes Gas verbunden ist, ermöglicht eine kontinuierliche, unter Zwischenschaltung eines Regelventils gesteuerte Einspeisung des flüssigen Gases in den Verdampfer. Dadurch, daß der Verdampfer innerhalb der Kühleinrichtung angeordnet ist, kann auch die Verdampfungsenthalpie genutzt werden, wodurch sich der Wirkungsgrad des Kühlsystems erhöht. Die Kühlung des Materials erfolgt also nicht wie bisher alleine durch Wärmeaustausch zwischen dem zu kühlenden Material und dem Kaltgas, sondern dem zu kühlenden Material wird für die Verdampfung des flüssigen Gases Wärme entzogen.

In einer besonderen Anordnung der erfindungsgemäßen Vorrichtung verläuft die Heizvorrichtung als wendelförmiger Heizdraht innerhalb des wendelförmigen Verdampfers. Die Achsen der beiden Wendeln fallen hierbei zusammen.

In dieser Ausgestaltung des Erfindungsgedankens ist es vorteilhaft, daß die Kühleinrichtung ein Kühlrohr ist, durch den das zu kühlende Material mittels einer Transporteinrichtung, die koaxial innerhalb der Heizvorrichtung und des Verdampfers angeordnet ist, transportiert wird. Diese Ausgestaltung hat den besonderen Vorteil, daß sich die zu kühlenden Materialien in einer trockenen Kühlumgebung mit gleichbleibender Temperatur befinden. Dadurch, daß der Verdampfer nicht vereist, kann eine gleichbleibende Verdampfungsleistung aufrechterhalten werden, was wiederum die genaue Temperatureinstellung unterstützt. Die Temperaturabweichung schwankt nur um  $\pm 1^\circ$ .

Erfindungsgemäß ist es möglich, den Verdampfer und die Heizvorrichtung an der Eingangsseite der Kühleinrichtung oberhalb der zu kühlenden Materialien anzuordnen. Es ergibt sich somit eine bessere Anpassung an die zu kühlenden Materialien. Mit Hilfe der unterschiedlichen Anordnungsmöglichkeiten von Verdampfer und Heizvorrichtung im Kühlraum kann das zu kühlende Material schnell gekühlt werden oder einem kontinuierlichen Temperaturgefälle unterliegen.

Durch den Einbau eines Ventilators in die Kühleinrichtung kann erfindungsgemäß der Wärmeaustausch zwischen dem zu kühlenden Material und der Verdampferheizungseinheit verstärkt werden.

Nachstehend werden Ausführungsbeispiele einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Vorrichtung anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Die Figuren zeigen in schematischer Weise:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Kühleinrichtung mit einer wendelförmigen Verdampfer- und Heizdrahtanordnung,

Figur 2 eine erfindungsgemäße Kühleinrichtung mit einer Transporteinrichtung und einem Ventilator,

In Figur 1 ist mit 1 eine Kühleinrichtung bezeichnet, die von einer Wärmeisolationsschicht umgeben ist. Ein zu kühlendes Produkt wird koaxial in der Mitte eines Verdampfers 3 und einer Heizvorrichtung 7 angeordnet (Materialaufnahmeeinrichtung 2). Der Verdampfer 3 wird aus einer Zufuhreinrichtung 4 mit flüssigem Kältemittel, z.B. Stickstoff, versorgt. Dabei wird die Menge des zugeführten Stickstoffes entsprechend der gewünschten Kälteleistung mit einem Regelventil 5 bestimmt. Beim Anfahrprozeß wird zur raschen Kühlung der gesamten Kühleinrichtung dieses Ventil durch eine By-pass-Leitung mit eingebautem Kaltfahrventil 6 umgangen. Die Temperatur im Kühlraum wird laufend von einem Temperaturfühler 9 überwacht und über einem Regler 8 wird dementsprechend die Heizleistung des Heizdrahtes gesteuert.

Gegenüber der herkömmlichen Kühlung wird durch diese Kühleinrichtung die gewünschte Produkttemperatur wesentlich genauer erzielt. Durch die Optimierung der Kühlleistung durch Einbau einer Heizung konnte als weiterer Vorteil eine erhebliche Senkung des Kältemittelverbrauchs konstatiert werden.

Zur Inbetriebnahme der Kühleinrichtung muß zuerst über das By-pass-Ventil 6 flüssiger Stickstoff in den Verdampfer einfließen. Durch diesen Vorgang wird die gesamte Kühleinrichtung auf eine gleich tiefe Temperatur abgekühlt und zwar so lange, bis sich alle Kühleinrichtungsbestandteile (z.B. Isolierung, Leitungen, Transporteinrichtung etc.) im Temperaturgleichgewicht befinden. In diesem Anfahrprozeß befindet sich die Kühleinrichtung auf einer tieferen Temperatur als beim Kühlverfahren für die zu kühlenden Materialien, z.B. bei Verwendung von flüssigem Stickstoff bis auf  $-196^\circ\text{C}$ . Aufgrund dieser tiefen Temperaturen erfolgt eine Abkühlung in dieser Anfahrphase in sehr kurzer Zeit.

Nach dieser Grundeinstellung wird die weitere Zufuhr des flüssigen Kältemittels in dem Verdampfer über das Ventil 5 geregelt. Da trotz des feinregulierbaren Ventils die exakte Kühltemperatur bei Einbringen der zu kühlenden Materialien nicht gehalten werden kann, wird die gewünschte Temperatur über einen durch einen Transformator regelbare Heizung eingestellt. Bei stetiger Stickstoffeinspeisung kann die erforderliche Temperatur, die laufend mittels eines Temperaturfühlers gemessen, mit einem Soll-Wert verglichen und bei Abweichungen nachgeregelt wird, auf  $\pm 1^\circ$  genau aufrechterhalten werden.

Besonders vorteilhaft und wirtschaftlich ist bei dieser Kühleinrichtung die Nutzung der Verdampfungsenthalpie. Die zur Verdampfung des flüssigen Kältemittels notwendige Wärmemenge wird den zu kühlenden Materialien entzogen. Weiterhin entfällt bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Nachteil der Bereifung durch feuchte Kühlmedien.

Das in Figur 2 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Figur 1 dargestellten dadurch, daß der Verdampfer und die zugehörige Heizung nur einen Teil des Kühlraumes einnehmen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es auch möglich, in einem Kühlraum ein Temperaturgefälle oder diskontinuierliche Temperaturbereiche zu erzeugen. In diesem Ausführungsbeispiel, das besonders geeignet ist für die Kühlbehandlung von bahnenförmigen Materialien, wie Folien oder Schlauchseelen ist der wendelförmige Verdampfer 3 und eine Heizung 7 oberhalb der zu kühlenden Materialien eingebaut, die auf einer Transporteinrichtung 2 durch den wärmeisolierten Kühlraum 1 bewegt werden. Dabei befindet sich die Verdampfer-Heizungs-Einheit im Eingangsbereich der Kühleinrichtung.

Bei der Kühlung von Schlauchseelen mit einem Schlauchdurchmesser von 6,3 mm hat die Kühleinrichtung vorteilhafter Weise folgende Maße: Durchmesser 100 mm, Länge 300 mm.

Nach der wie bereits im ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen Anfahrphase wird die Kühltemperatur mit Hilfe der Heizung beispielsweise auf  $-3,5^\circ\text{C}$  eingestellt. Die Temperaturabweichung schwankt dabei um  $\pm 0,5^\circ$ . Zum besseren Wärmeaustausch ist speziell bei bahnenförmigen Materialien ein zusätzlicher Ventilator 2 vorgesehen, der den Wärmetransport zwischen dem zu kühlenden Material und dem Verdampfer fördert.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Kühlung von Materialien durch Einsatz von Kaltgas, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Kaltgases durch eine Heizung geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kaltgas durch Verdampfen von flüssigem Gas gewonnen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlleistung durch die Menge an Kaltgas geregelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Kaltgases über einen Einstellbereich von  $0^\circ\text{C}$  bis  $-180^\circ\text{C}$ , vorzugsweise von  $-50^\circ\text{C}$  bis  $-120^\circ\text{C}$  geregelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Kaltgases durch einen mit einem Regler für die Heizung verbundenen Temperaturfühler überwacht wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Kaltgas Stickstoff verwendet wird.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 mit einer Kühleinrichtung zur Aufnahme von Materialien, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung mit einem Verdampfer und einer elektrischen Heizvorrichtung ausgestattet ist, wobei der Verdampfer mit einer Quelle für Kaltgas und die Heizvorrichtung über einen Regler mit einem im Inneren der Kühleinrichtung angeordneten Temperaturfühler in Verbindung steht.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfer über eine Zufuhrleitung unter Zwischenschaltung eines Reglerventils mit einer Quelle für verflüssigtes Gas in Verbindung steht.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizvorrichtung als wendelförmiger Heizdraht coaxial in einem wendelförmigen Verdampfer angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung ein Kühlrohr ist, und das zu kühlende Material längs der Mittellachse der Heizvorrichtung und des Verdampfers transportiert wird.
11. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampfer und die Heizvorrichtung an der Eingangsseite der Kühleinrichtung oberhalb der zu kühlenden Materialien angeordnet sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühleinrichtung mit einem Ventilator ausgestattet ist.

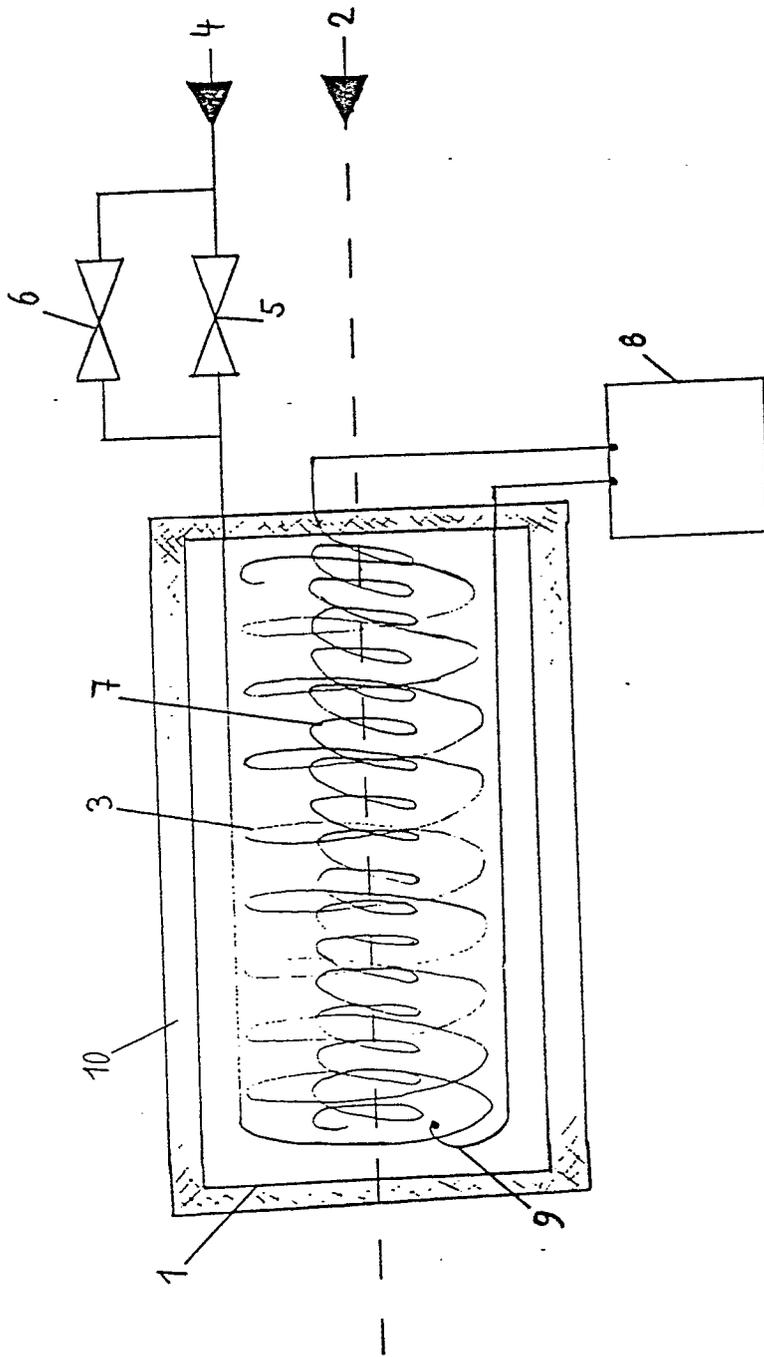


FIG. 1

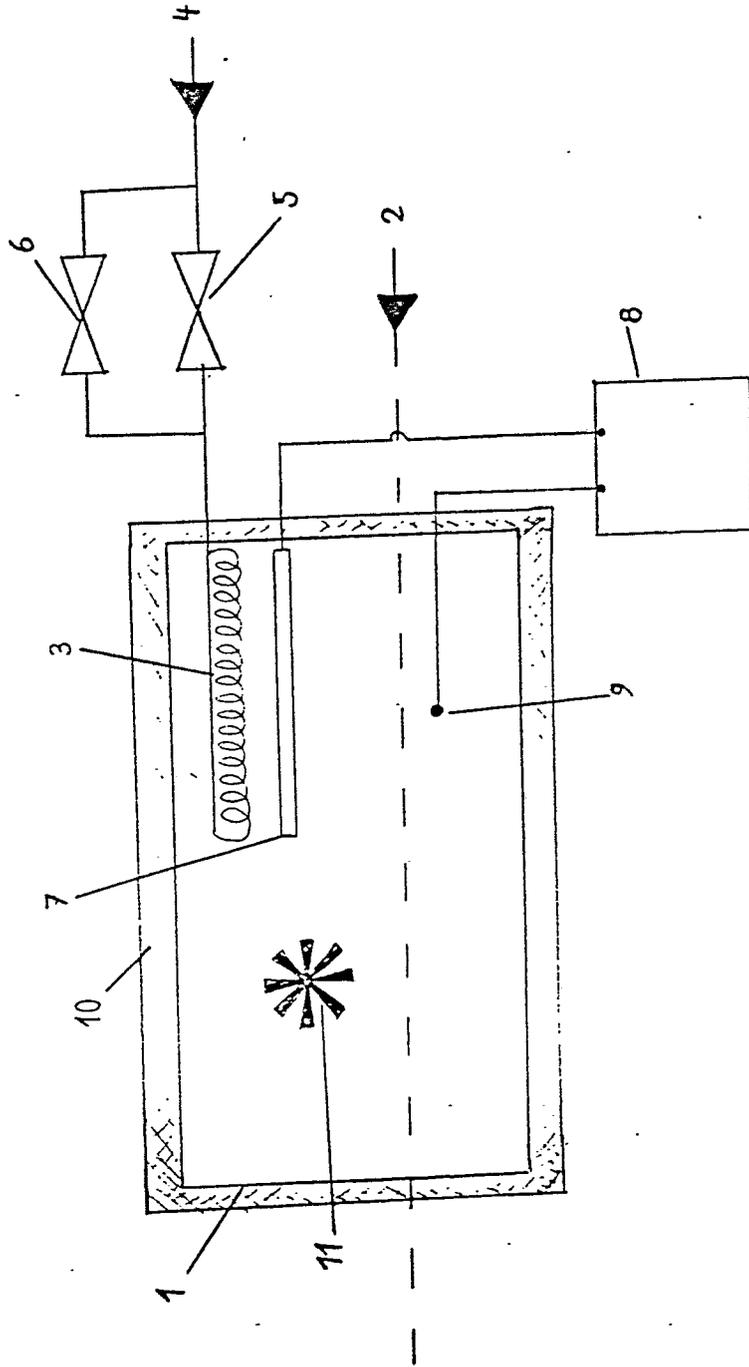


FIG. 2