



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 196 17 916 B4 2007.02.01**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 17 916.5**
 (22) Anmeldetag: **03.05.1996**
 (43) Offenlegungstag: **13.11.1997**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **01.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F02K 3/08 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Airbus Deutschland GmbH, 21129 Hamburg, DE

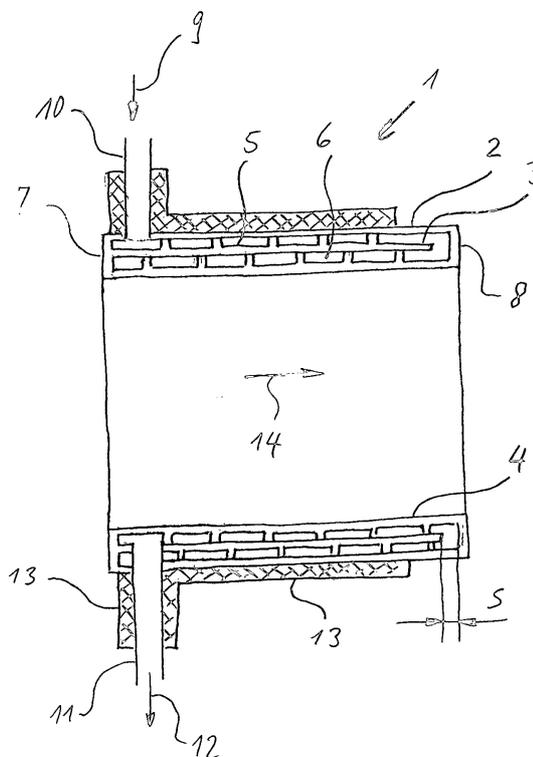
(74) Vertreter:
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
 Rechtsanwälte, 81541 München**

(72) Erfinder:
**Suttrop, Friedemann, Prof., Dr.-Ing., 52072
 Aachen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 35 35 779 C1
DE-AS 11 18 539
DE 43 15 256 A1
US 41 07 919
US 33 54 652
US 29 77 754

(54) Bezeichnung: **Verdampfer zum Verdampfen eines tiefkalten flüssigen Mediums**

(57) Hauptanspruch: Verdampfer (15) zum Verdampfen eines tiefkalten flüssigen Mediums, in den das tiefkalte flüssige Medium und ein wärmeübertragendes Medium getrennt einleitbar sind, um separat durch Leitungen des Verdampfers (15) zu strömen, wobei von dem wärmeübertragenden Medium Wärme an das tiefkalte flüssige Medium abgegeben wird, woraufhin das tiefkalte flüssige Medium verdampft und zur Versorgung einer Brennkammer einer Gasturbine in einem gasförmigen Zustand aus dem Verdampfer (15) austritt, wobei der Verdampfer (15) umfasst:
 a) eine schraubenförmig umlaufende Rohrwendel (24) mit einem Eintritt (20) für das tiefkalte flüssige Medium, die von dem tiefkalten Medium derart durchströmbar ist, dass sich das tiefkalte Medium von dem Eintritt (20) entfernt,
 b) einen mit der Rohrwendel (24) verbundenen, gasdicht abgeschottet ausgeführten Hohlraum (23), in dem die Rohrwendel (24) geführt ist und der von dem tiefkalten Medium entgegen der Strömungsrichtung des tiefkalten Mediums in der Rohrwendel (24) durchströmbar ist,
 c) einen mit dem Hohlraum (23) verbundenen...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Verdampfer zum Verdampfen eines tiefkalten flüssigen Mediums. Derartige Verdampfer sind in der Regel als Platten- oder Röhrenwärmetauscher ausgebildet und werden in Fällen angewendet, in denen ein Medium tiefkalt in flüssiger Form in Tanks gelagert wird, aber in gasförmigem Aggregatzustand bereitgestellt werden muss. Ein Beispiel für einen solchen Fall ist die Verwendung von kryogenen Flüssigkeiten wie flüssigem Wasserstoff oder flüssigem Erdgas als Energieträger für Flugzeug-Triebwerke, insbesondere Turbo-Triebwerke.

[0002] Eine Besonderheit solcher Verdampfer besteht in der sehr niedrigen Eintrittstemperatur des zu verdampfenden Mediums in Höhe von nur 20 K (= -253 °C). Da als Wärmequelle für die Verdampfung (und gegebenenfalls Überhitzung) der kryogenen Flüssigkeit dem Verdampfer entweder Umgebungsluft oder zum Beispiel das Abgas eines Triebwerks oder ein anderes aufgeheiztes Medium zugeführt wird, kommt dieses Medium in Kontakt mit extrem kalten Oberflächen und gerät in die Gefahr, unter seine jeweilige Tautemperatur bzw. seinen Gefrierpunkt abgekühlt zu werden und teilweise an der Verdampferoberfläche auszukondensieren oder Eis zu bilden.

[0003] Man begegnet dieser Gefahr gewöhnlich durch eine Verschlechterung des Wärmedurchgangs, wodurch man höhere Oberflächentemperaturen an der Wärmeeintrittsseite des Verdampfers erreicht. Dies wiederum bedingt große und schwere Bauformen eines solchen Verdampfers, was speziell bei Anwendungen der Luft- und Raumfahrt unerwünscht ist.

Stand der Technik

[0004] Die US 4,107,919 betrifft einen zum Einsatz in einem Raketentriebwerk vorgesehenen Wärmetauscher, der durch einen als Wand einer Brennkammer dienenden Plattenstapel gebildet wird. In dem Plattenstapel sind zwei Kühlkanäle vorgesehen, wobei ein dem Wärmetauscher zugeführtes Kühlmittel zunächst einen von der Brennkammer abgewandten äußeren Kühlkanal und anschließend einen der Brennkammer zugewandten inneren Kühlkanal durchströmt.

Aufgabenstellung

[0005] Demgemäß liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Verdampfer zum Verdampfen eines tiefkalten flüssigen Mediums anzugeben, bei dem eine Kondensation bzw. Eisbildung eines wärme spendenden Mediums (zum Beispiel Luft oder Abgas) sicher unterbunden wird und der gleichzeitig eine leichte, kompakte und stabile Bauweise auf-

weist.

[0006] Diese Aufgabe wird durch einen Verdampfer mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiel

[0008] Die Erfindung ist anhand der Zeichnung dargestellt und nachfolgend näher erläutert. Es zeigen

[0009] [Fig. 1](#) einen Verdampfer im Längsschnitt, der nicht Gegenstand der Erfindung ist,

[0010] [Fig. 2](#) eine Ausgestaltung des Verdampfers nach [Fig. 1](#),

[0011] [Fig. 3](#) eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verdampfers mit einer Rohrwendel und

[0012] [Fig. 4](#) eine Ausgestaltung des Verdampfers nach [Fig. 3](#) mit einem Zusatzsteg.

[0013] [Fig. 1](#) zeigt einen Verdampfer **1**, beispielsweise zur Verdampfung von Wasserstoff für eine Flugzeugantriebsturbine. Dabei besteht der Verdampfer **1** im Prinzip aus drei ineinander gesteckten Röhren **2**, **3** und **4**, wobei in die Außenflächen der beiden inneren Röhre **3** und **4** jeweils ein schraubenförmig umlaufender Kanal **5** bzw. **6** eingearbeitet ist und die Wandungen der Kanäle jeweils mit den Innenflächen der darüber liegenden Röhre verbunden sind. Das äußere Rohr **2** und das innere Rohr **4** sind an ihren Enden jeweils durch eine Stirnwand **7** bzw. **8** gasdicht miteinander verbunden, wobei auch das mittlere Rohr **3** gasdicht mit der Stirnwand **7** verbunden ist. Zwischen dem im Bild rechten Ende des Rohres **3** und der Stirnwand **8** besteht ein Spalt *s*. Zur Einleitung eines zu verdampfenden Mediums in Richtung des Pfeiles **9** ist ein Eintritt **10** vorgesehen, der mit dem Kanal **5** in Verbindung steht. Zur Entnahme des gasförmigen Mediums dient ein mit dem Kanal **6** in Verbindung stehender Austritt **11**, durch den das gewonnene Gas in Richtung des Pfeiles **12** austritt. Die während des Betriebes sehr kalten Außenflächen sind mit einer Isolierung **13** versehen, um Kondensation bzw. Eisbildung zu vermeiden. Im Betrieb strömt durch das innere Rohr **4** ein wärme spendendes Medium in Richtung des Pfeiles **14**. Wird nun ein zu verdampfendes Medium durch den Eintritt **10** in den Kanal **5** eingeleitet, so durchläuft es diesen im Bild von links nach rechts und gelangt durch den Spalt *s* in den Kanal **6**, den es dann in Gegenrichtung bis zum Austritt **11** durchläuft. Damit durchläuft das zu verdampfende Medium zunächst eine vorlaufende Teillänge, gebildet durch den Kanal **5**, und dann eine rücklaufende Teillänge, gebildet durch den Kanal **6**. Im Prinzip ist gleichsinnige oder gegensinnige Ausbil-

derung der Schraubenformen der Kanäle **5** und **6** möglich.

[0014] **Fig. 2** zeigt eine Ausgestaltung des Verdampfers nach **Fig. 1**. Dabei sind die Wandungen der Kanäle **5** und **6** in radialer Richtung übereinander angeordnet. Hierdurch kann eine höhere Festigkeit des Verdampfers erzielt werden. Diese Ausgestaltung ist nur mit gleichsinnigen Schraubenformen möglich.

[0015] **Fig. 3** zeigt einen erfindungsgemäßen Verdampfer **15**, bestehend aus einem Außenmantel **16**, einem Innenmantel **17**, zwei Stirnwänden **18** und **19**, einem Eintritt **20**, einem Austritt **21** und einer Isolierung **22**. Dabei schließen der Außenmantel **16** und der Innenmantel **17** sowie die Stirnwände **18** und **19** gasdicht einen Hohlraum **23** ein. Auch bei diesem Verdampfer **15** besteht der Weg, den das zu verdampfende Medium durchläuft, wieder aus einer vorlaufenden und einer rücklaufenden Teillänge. Hierzu ist eine Rohrwendel **24** so in den Hohlraum **23** eingesetzt, dass das die Wendel bildende Rohr gleichermaßen den Außenmantel **16** und den Innenmantel **17** berührt. Das im Bild linke Ende der Rohrwendel **24** steht nur mit dem Eintritt **20** in Verbindung, wohingegen das rechte Ende der Rohrwendel offen ist und in den Hohlraum **23** mündet. Wird das zu verdampfende Medium in den Eintritt **20** eingeleitet, so durchläuft es die Rohrwendel **24** im Bild von links nach rechts und gelangt am Ende der Rohrwendel **24** in den Hohlraum **23**. Von hier strömt das Medium dann durch die zwischen der Wendel und dem Außenmantel **16** bzw. dem Innenmantel **17** bestehenden Kanäle von zwickelförmigem Querschnitt zurück und gelangt zum Austritt **21**. Infolge der von einem in Richtung des Pfeiles **25** strömenden Medium abgegebenen Wärme tritt das verdampfte Medium am Austritt **21** in gasförmigem Zustand aus.

[0016] **Fig. 4** zeigt eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verdampfers mit einer Rohrwendel nach **Fig. 3**. Außer der Rohrwendel **24** ist hier um den Innenmantel ein schraubenförmiger Blechsteg **26** gewickelt und mit diesem verschweißt. Dies dient bei hohen Innendrücken des Verdampfers der Verstärkung des Innenmantels. Hierdurch wird ein Einbeulen des Innenmantels vermieden.

[0017] Das damit durchführbare Verfahren zum Verdampfen eines Mediums besteht darin, dass das Medium, beispielsweise Wasserstoff, zunächst in einer vorlaufenden Teillänge verdampft und bis zu einem gewissen Grade überhitzt und nach Durchlaufen dieser Teillänge entlang der Oberfläche zurückgeführt wird und als Zwischenschicht für den Wärmedurchgang dient. Dieses zurückgeführte und überhitzte Medium kann wegen seines niedrigen Taupunkts von 20 K nur kondensieren, wenn es auf diese Temperatur rückgekühlt wird, was durch geeignete Gestaltung

des Verdampfers leicht vermieden werden kann.

[0018] Das aufgezeigte Verfahren einer Rückström- oder Umkehrverdampfung bzw. der entsprechende Verdampfer bietet Vorteile, wenn Medien von extrem unterschiedlichen Temperaturen zu behandeln sind, wobei zugleich äußerst niedrige Baugewichte einzuhalten sind.

[0019] Im praktischen Betrieb ist das innere Rohr **4** oder der Innenmantel **17** ein Bestandteil einer Heißgasleitung. Das genannte Verfahren kann aber ebenso erfolgreich angewendet werden, wenn das wärme spendende Element beispielsweise eine Brennkammer ist, etwa gemäß der Patentanmeldung 195 47 515, die sich bereits auf eine Brennkammer mit einem integrierten Verdampfer bezieht.

Patentansprüche

1. Verdampfer (**15**) zum Verdampfen eines tiefkalten flüssigen Mediums, in den das tiefkalte flüssige Medium und ein wärmeübertragendes Medium getrennt einleitbar sind, um separat durch Leitungen des Verdampfers (**15**) zu strömen, wobei von dem wärmeübertragenden Medium Wärme an das tiefkalte flüssige Medium abgegeben wird, woraufhin das tiefkalte flüssige Medium verdampft und zur Versorgung einer Brennkammer einer Gasturbine in einem gasförmigen Zustand aus dem Verdampfer (**15**) austritt, wobei der Verdampfer (**15**) umfasst:

- a) eine schraubenförmig umlaufende Rohrwendel (**24**) mit einem Eintritt (**20**) für das tiefkalte flüssige Medium, die von dem tiefkalten Medium derart durchströmbar ist, dass sich das tiefkalte Medium von dem Eintritt (**20**) entfernt,
- b) einen mit der Rohrwendel (**24**) verbundenen, gasdicht abgeschottet ausgeführten Hohlraum (**23**), in dem die Rohrwendel (**24**) geführt ist und der von dem tiefkalten Medium entgegen der Strömungsrichtung des tiefkalten Mediums in der Rohrwendel (**24**) durchströmbar ist,
- c) einen mit dem Hohlraum (**23**) verbundenen Austritt (**21**) für das tiefkalte Medium, und
- d) einen von einem inneren Rohr (**17**) begrenzten Kanal, der von dem Hohlraum (**23**) umgeben und von dem wärmeübertragenden Medium durchströmbar ist, so dass das tiefkalte Medium bei der Durchströmung der Rohrwendel (**24**) indirekt bezogene Wärme von dem wärmeübertragenden Medium aufnimmt und dabei verdampft sowie partiell überhitzt wird, und bei der Durchströmung des Hohlraums (**23**) direkt bezogene Wärme von dem wärmeübertragenden Medium aufnimmt und dabei auf ein höheres unkritisches Temperaturniveau gebracht wird.

2. Verdampfer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein als flüssiger Wasserstoff oder flüssiges Erdgas ausgeführtes tiefkaltes flüssiges Medium in den Eintritt (**20**) einleitbar ist.

3. Verdampfer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich das wärmeübertragende Medium im gasförmigen Zustand befindet und Luft oder Abgas ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

