

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 700 502 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

21.04.1999 Patentblatt 1999/16

(21) Anmeldenummer: **94912556.1**

(22) Anmeldetag: **31.03.1994**

(51) Int Cl.⁶: **F25B 9/14**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP94/01012

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 94/29653 (22.12.1994 Gazette 1994/28)

(54) **Refrigerator**

Cryogenic cooling device

Dispositif cryogénique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

(30) Priorität: **03.06.1993 DE 4318406**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.03.1996 Patentblatt 1996/11

(73) Patentinhaber: **LEYBOLD
AKTIENGESELLSCHAFT
50968 Köln (DE)**

(72) Erfinder:

- **SCHILLING, Ernst**
D-53121 Bonn (DE)
- **SOUS, Dieter**
D-50374 Erftstadt (DE)

- **VEIT, Axel**
D-50259 Pulheim (DE)
- **JUNG, Markus**
D-50676 Köln (DE)

(74) Vertreter: **Leineweber, Jürgen, Dipl.-Phys.**
Aggerstrasse 24
50859 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 350 290	DE-A- 1 501 049
DE-A- 2 051 203	DE-A- 3 836 884
US-A- 3 119 237	US-A- 3 188 821
US-A- 4 528 818	US-A- 4 543 793
US-A- 4 792 346	

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).

EP 0 700 502 B1

Beschreibung

[0001] Refrigeratoren sind Tieftemperatur-Kältemaschinen, in denen ein thermodynamischer Kreisprozeß abläuft. Ein einstufiger Refrigerator umfaßt einen Arbeitsraum, in dem sich ein Verdränger zwischen zwei Totpunkten OT und UT hin und her bewegt. Dem Verdränger ist ein Regenerator zugeordnet, durch den ein Arbeitsgas entsprechend der Verdrängerbewegung ebenfalls hin und her strömt. Während der Hin- und Herbewegung des Verdrängers wird dem Refrigeratorgehäuse im Bereich eines der beiden Totpunkte ständig Wärme entzogen. Mit einem einstufigen Refrigerator dieser Art lassen sich Temperaturen bis ca. 30 K erzeugen. Vielfach sind Refrigeratoren zweistufig ausgebildet (vgl. zum Beispiel DE-A-38 36 884). Mit zwei- oder auch dreistufigen Refrigeratoren lassen sich Temperaturen bis unter 10 K erzeugen. Beim Refrigerator nach dem genannten Dokument dient ein Gasantrieb der Erzeugung der Hin- und Herbewegung des Verdrängers. Dazu ist der warmen Seite des Verdrängers eine Zylinderkolben-Einrichtung zugeordnet, die mit einem Antriebsgas zu versorgen ist.

[0002] Refrigeratoren der hier betroffenen Art müssen zusätzlich mit Steuereinrichtungen ausgerüstet sein, mit deren Hilfe sowohl die Zufuhr des Arbeitsgases in den Arbeitszylinder als auch die Versorgung des Gasantriebs geregelt werden. Es ist üblich, sowohl als Arbeitsgas als auch als Antriebsgas Helium einzusetzen. Bei Ausführungen dieser Art reicht es aus, wenn der Refrigerator mit zwei Anschlüssen ausgerüstet ist, von denen einer mit unter Hochdruck (z.B. 20 bar) und der zweite mit unter Niederdruck (z.B. 5 bar) stehendem Helium versorgt wird.

[0003] Bei der Bewegung des Verdrängers treten Kräfte auf, die ihre Maxima in den Umkehrpunkten erreichen. Diese Kräfte übertragen sich auf das Gehäuse des Refrigerators und damit auf die angeschlossenen Einrichtungen. In der Regel handelt es sich hierbei um hochempfindliche Meßgeräte (z.B. Kernspintomographen Elektronenmikroskope), deren Meßergebnisse empfindlich durch die auftretenden Vibrationen gestört werden. Es sind bereits mehrfach Vorschläge gemacht worden, diese störenden Vibrationen zu dämpfen. Aus der europäischen Patentschrift 19 426 ist bekannt, zwischen einem Refrigerator und einem Elektronenmikroskop eine Dämpfungseinrichtung anzuordnen, die jedoch relativ aufwendig ist. Aus der europäischen Patentanmeldung 160 808 ist es bekannt, innerhalb des Arbeitsraumes eines Refrigerators eine Flachfeder anzuordnen. Diese nimmt innerhalb des Arbeitsraumes einen endlichen Raum ein, der die Effektivität der Kältemaschine reduziert. In der DE-A-38 36 884 wird vorgeschlagen, den mit Vibrationen verbundenen Kälteerzeugungsprozeß vom Meßprozeß zeitlich zu trennen. Diese Lösung setzt aufwendige Steuerungen voraus und reduziert die Meßzeiten.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe

zugrunde, einen Refrigerator mit einem Gasantrieb derart zu betreiben, daß eine wirksame Reduktion der Vibrationen mit relativ einfachen Maßnahmen erreicht werden kann.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Maßnahmen der Patentansprüche gelöst. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß der Gasantrieb bei bekannten Refrigeratoren während der gesamten Zeit der jeweiligen Bewegungsphasen des Verdrängers wirksam ist, das heißt, daß der Verdränger während der gesamten Zeit seiner Bewegungsphasen eine nicht unerhebliche Beschleunigung erfährt. Dieses führt in den Totpunkten zu relativ starken Anschlägen, die für die Vibrationen verantwortlich sind. Wird jedoch der Verdränger entsprechend der Erfindung nur während eines Bruchteils seiner Bewegungsphasen beschleunigt, dann sind seine Endgeschwindigkeiten in den Totpunkten geringer und damit seine Anschläge am Gehäuse weniger hart. Durch Steuerung der Gasmenge, mit dem der Gasantrieb in beiden Bewegungsrichtungen versorgt wird, kann die Antriebsenergie gesteuert und damit das gewünschte Ziel erreicht werden. Mit den erfindungsgemäßen Maßnahmen können die auftretenden Vibrationen um mehr als den Faktor 4 reduziert werden, ohne die Effektivität des Refrigerators maßgeblich zu beeinträchtigen.

[0006] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand von in den Figuren 1 bis 5 dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden.

[0007] Der in der Figur dargestellte, zweistufige Refrigerator 1 hat ein Gehäuse, welches aus den beiden Teilen 2 und 3 besteht. Im Gehäuseteil 2 sind die zylindrischen Arbeitsräume 4 und 5 für die beiden Verdrängerstufen 6 und 7 untergebracht.

[0008] Die obere Verdrängerstufe 6 ist auf ihrer warmen Seite mit einem Antriebskolben 8 ausgerüstet, dessen zugehöriger Zylinder 9 in einer Führungsbuchse 10 untergebracht ist, die den Arbeitsraum 4 zum Gehäuseteil 3 hin abschließt. Die Führungsbuchse 10 ist mit den Bohrungen 11, 12 und 13 ausgerüstet. Die Bohrung 11 mündet in den Arbeitsraum 4 und dient der Versorgung dieses Raumes mit Arbeitsgas. Die Bohrung 13 mündet in einer Querbohrung 14, die mit einer Ringnut 15 in der Außenwandung der Führungsbuchse 10 verbunden ist. Die Bohrung 12 ist durch eine strichpunktierte Linie angedeutet und dient der Versorgung des Antriebszylinders 9 mit Antriebsgas. Die verschiedenen Bohrungen liegen in unterschiedlichen Ebenen, so daß sie einander nicht kreuzen, was durch die Strichelung beziehungsweise Strichpunktierung angedeutet ist. Sie münden sämtlich in die Oberseite der Führungsbuchse 10, welche in diesem Bereich als feststehende Ventilscheibe 16 ausgebildet ist.

[0009] Im Gehäuseteil 3 ist ein Motor 17 untergebracht, der über die Welle 18 eine rotierende Ventilscheibe 19 betätigt. Die feststehende Ventilscheibe 16 und die unter der Wirkung der Druckfeder 20 stehende rotierende Ventilscheibe 19 bilden ein Steuerventil, das

in an sich bekannter Weise der Versorgung der verschiedenen Bohrungen mit unter Hochdruck und unter Niederdruck stehendem Gas dient. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind das Arbeitsgas und das Antriebsgas identisch. Zweckmäßig wird Helium eingesetzt.

[0010] Die Anschlüsse für Hochdruck- und Niederdruckgas sind mit 21 bzw. 22 bezeichnet. Die Trennebene 23 zwischen den Gehäuseteilen 2 und 3 liegt in Höhe des Steuerventils 16, 19. Sie ist so gewählt, daß nach der Entfernung des oberen Gehäuseteils 3 mit Motor 17 und rotierender Ventilscheibe 19 oberhalb der ortsfesten Ventilscheibe 16 ein flacher topfförmiger Raum 24 vorhanden ist. In Höhe dieses Raumes 24 ist eine die Wandung des Gehäuseteils 2 durchsetzende Bohrung 25 vorgesehen, die den Raum 24 mit dem Hochdruckanschluß 21 verbindet. Der Niederdruckanschluß 22 ist an die Bohrung 26 im Gehäuseteil 3 angeschlossen, welche in Höhe der Ringnut 15 der Führungsbuchse 10 mündet.

[0011] Während des Betriebs des dargestellten Refrigerators strömt das unter Hochdruck stehende Arbeitsgas über den Anschluß 21 in die Kammer 24. Von dort aus werden mit Hilfe des Steuerventils 16, 19 die verschiedenen Bohrungen versorgt. Das Arbeitsgas gelangt nach seiner Entspannung in den Refrigeratorstufen 4, 5 in die Bohrungen 13, 14 und strömt über die Ringnut 15 und den Niederdruckanschluß 22 ab. Der am Hochdruckanschluß 21 anstehende Druck des Arbeitsgases beträgt üblicherweise etwa 20 bis 22 bar, während der am Niederdruckanschluß 22 anstehende Arbeitsgasdruck ca. 5 bis 7 bar beträgt.

[0012] Die Drehzahl des Motors 17 und die Gestaltung der einander zugewandten Seiten der feststehenden (16) und rotierenden (19) Ventilscheibe sind maßgebend für die Gasversorgung von Arbeitsraum 4 und Antriebszylinder 9. Aus der DE-A-38 36 884 (Figuren 2 und 3) ist eine Ausführungsform des Steuerventils bekannt, bei der eine relativ breite äußere Aussparung in der rotierenden Ventilscheibe die Mündungen zweier Bohrungen mit ebenfalls relativ großem Durchmesser zeitweise mit Hochdruckgas versorgt. Die eine dieser beiden Bohrungen versorgt den Antriebszylinder. Aufgrund der gewählten Dimensionen erfährt der Verdränger während seiner gesamten Bewegungsphase von der warmen zur kalten Seite des Arbeitsraumes eine Beschleunigung. Dieses gilt ebenfalls für die Bewegungsphase des Verdrängers von der kalten Seite zur warmen Seite des Arbeitsraumes, da die in der rotierenden Ventilscheibe vorgesehene, längliche Aussparung, welche die Mündungen der beiden Versorgungsbohrungen zeitweise mit dem Niederdruckgasanschluß verbindet, ähnlich große Dimensionen hat.

[0013] Die Figuren 2 und 3 zeigen Ausgestaltungen der Ventilscheiben 16 und 19, mit denen die im Sinne der Erfindung erwünschte Gassteuerung möglich ist. Die feststehende, in Ansicht dargestellte Ventilscheibe 16 (Fig. 3) läßt die Mündungen 27, 28, 29 der Bohrun-

gen 11, 12 bzw. 13 erkennen. Wie beim Stand der Technik liegen die Bohrung 13 und ihre Mündung 29 im Zentrum, während der radiale Abstand der Mündungen 27, 28 der Bohrungen 11 bzw. 12 - anders als beim Stand der Technik - von der Drehachse der Ventilscheibe 19 nicht mehr gleich ist (Kreise 31, 32). Weiterhin hat die Mündung 28 der Bohrung 12 einen wesentlich kleineren Durchmesser als die Mündung 27 der Bohrung 11.

[0014] Die rotierende Ventilscheibe 19, deren Gestaltung in Figur 2 in Durchsicht durch die Ventilscheibe 19 dargestellt ist, rotiert entsprechend dem Pfeil 33 auf der feststehenden Ventilscheibe 16. Dem Kreis 31 ist eine die Ventilscheibe 19 durchsetzende, mit dem Hochdruckraum 24 in Verbindung stehende Bohrung 34 mit einem relativ großen Querschnitt zugeordnet. Die dem Kreis 32 zugeordnete Aussparung 35 ist als relativ schmaler Schlitz gestaltet. Weiterhin ist die Ventilscheibe 19 mit einer relativ groß dimensionierten Aussparung 36 ausgerüstet, die sich vom Zentrum bis zum Kreis 31 erstreckt. Von dieser Aussparung 36 aus erstreckt sich eine schlitzförmige Aussparung 37 bis zum Kreis 32.

[0015] Während der Rotation der Ventilscheibe 19 überstreichen die Steueröffnungen 34 bis 37 der Ventilscheibe 19 sowie die Steueröffnungen 27 bis 29 der Ventilscheibe 16 einander. Zunächst erreicht der auf dem Kreis 32 liegende Schlitz 35 die Mündung 28 der Bohrung 12. Dadurch wird für eine relativ kurze Zeit der Antriebszylinder 9 mit dem unter Hochdruck stehenden Raum 24 verbunden und der Verdränger 6 in Richtung zur kalten Seite des Arbeitsraumes beschleunigt. Danach erreicht die auf dem Kreis 31 liegende Bohrung 34 der rotierenden Ventilscheibe die Mündung 27 der Bohrung 11 in der feststehenden Ventilscheibe 16. Für die - relativ lange - Zeit, in der diese Öffnungen 34 und 27 einander überstreichen, wird der Arbeitsraum 14 mit Hochdruckgas versorgt. Als nächstes erreicht der auf dem Kreis 32 liegende Schlitz 37 die Mündung 28 der Bohrung 12, so daß der Antriebszylinder 9 für kurze Zeit mit der unter Niederdruck stehenden Bohrung 13 in Verbindung gebracht wird. Der Verdränger 6 bewegt sich dadurch zu seiner warmen Seite. Schließlich erreicht die Aussparung 36 die auf dem Kreis 31 liegende Mündung 27 der Bohrung 11, so daß im Arbeitsraum 14 eine Entspannung auf Niederdruck stattfindet. Danach wiederholt sich der beschriebene Zyklus.

[0016] Die Figuren 4 und 5 zeigen ein Ausführungsbeispiel, bei dem in den Ventilscheiben 16, 19 jeweils zwei um 180° versetzte Bohrungen 11, 11', 12, 12' und 34, 34' mit ihren zugehörigen Mündungen vorgesehen sind. Die längliche Aussparung 36 erstreckt sich auf beiden Seiten des Zentrums bis zum Kreis 31. Zwei sich bis zum Kreis 32 erstreckende Schlitz 37, 37' sind vorhanden. Bei dieser Ausführungsform macht der Verdränger 6 pro Umdrehung der Ventilscheibe 19 die doppelte Anzahl von Hubbewegungen.

[0017] Beim dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiel liegen die Mündungen 27, 28 (27', 28') der Bohrungen 11 (11' bzw. 12 (12') in der feststehen-

den Ventilscheibe 17 auf Kreisen 31, 32 mit verschiedenen Radien. Auch die Bohrungen 34 (34') bzw. Aussparungen 35 (35'), 36 (36'), 37 (37') in der rotierenden Ventilscheibe 19 liegen auf Kreisen mit korrespondierenden unterschiedlichen Radien. Dadurch besteht die Möglichkeit, große Unterschiede in Bezug auf die Überstreichzeiten einzustellen. Auf dem Kreis 31 mit dem kleineren Radius münden die Versorgungsbohrungen für den Arbeitsraum 14, der relativ lange mit Hochdruck bzw. Niederdruck zu versorgen ist. Auf dem Kreis 32 mit dem größeren Durchmesser münden die Versorgungsbohrungen für den Gasantrieb. Kurze Überstreichzeiten werden nicht durch klein dimensionierte Bohrungen bzw. Aussparungen sondern auch durch die höhere Umfangsgeschwindigkeit erzielt.

[0018] Die von der Drehzahl der rotierenden Ventilscheibe 19, von der Lage und von der Gestaltung der Mündungen 27 bis 29, Aussparungen 35 bis 37 sowie Bohrung 34 abhängigen Überstreichzeiten für den Gasantrieb sind zweckmäßig folgendermaßen zu wählen: Zur Erwirkung der Bewegung des Verdrängers 6 zu seiner kalten Seite wird der Antriebszylinder 9 nur während eines ersten Bruchteils seiner gesamten Bewegungszeit mit dem Hochdruckanschluß 21 verbunden. Dieser Bruchteil ist - zweckmäßig empirisch - so zu wählen, daß die durch Anschläge des Verdrängers am Gehäuse verursachten Vibrationen erheblich reduziert sind, eine maßgebliche Beeinträchtigung der Effektivität des Refrigerators jedoch noch nicht eintritt. Die Größenordnung des Bruchteils liegt etwa bei einem Drittel der Zeit der gesamten Bewegungszeit. Zur Erwirkung der Bewegung des Verdrängers 6 in die umgekehrte Richtung ist die Überstreichzeit so kurz zu wählen, daß die Verbindung zwischen dem Antriebszylinder 9 und dem Niederdruckanschluß 22 bereits wieder geschlossen ist, bevor der Verdränger seinen Totpunkt erreicht. Infolge der Weiterbewegung des Antriebskolbens wird das noch im Antriebszylinder vorhandene Gas komprimiert, wodurch eine Dämpfung (Gaspolster) erzielt wird. Die Druckerhöhung des Restgases wird zweckmäßig so gewählt, daß kurz vor dem Totpunkt im Antriebszylinder ein Druck erreicht wird, der etwas höher als das Hochdruckniveau ist.

[0019] Die Figuren 6 und 7 zeigen Ausführungsformen der feststehenden bzw. rotierenden Ventilscheibe, mit deren Hilfe mehrfach für jeweils kurze Zeiten eine Beschleunigung des Verdrängers 6, 7 bewirkt wird. Dazu sind entweder die Bohrung 28 der feststehenden Ventilscheibe 16 in (beispielsweise) drei Bohrungen 41, 42, 43 oder die Aussparungen 35, 37 in der rotierenden Ventilscheibe 19 in jeweils (beispielsweise) drei Aussparungen 44 bis 46 bzw. 47 bis 49 aufgeteilt worden.

[0020] Die Figuren 8 und 9 zeigen die Wirkung dieser Maßnahmen. Im jeweils oberen Koordinatensystem ist der Weg s des Verdrängers gegen die Zeit t aufgetragen. Das jeweils untere Koordinatensystem läßt die Zeitpunkte t_1 , t_2 und t_3 erkennen, zu denen der Antriebszylinder 9 mit Hochdruck (Figur 8) bzw. mit Niederdruck

(Figur 9) beaufschlagt wird.

[0021] Figur 8 zeigt den Bewegungsverlauf des Verdrängers von der warmen zur kalten Seite. Zu den Zeitpunkten t_1 , t_2 und t_3 wird der Antriebszylinder jeweils für die Zeit t (z.B. 5 % der Zeit der gesamten Bewegungsphase) mit Hochdruckgas beaufschlagt. Dadurch erfährt der Verdränger drei kurzzeitige Schübe, die ihn zur kalten Seite hin bewegen, und zwar mit einer abwechselnd beschleunigten und verzögerten Bewegung (Bewegungskurve 51). Der mit dem Anschlag des Verdrängers 6, 7 am Gehäuse 2 (gestrichelte Linie 52) verbundene, für die Vibration maßgebende Stoß ist relativ klein. Die Bewegung des Verdrängers 6, 7 von der kalten zur warmen Seite verläuft entsprechend (vgl. Bewegungskurve 53 in Figur 9 mit Anschlaglinie 54). Die Zeitabschnitte t sind so kurz gewählt, daß jeweils ein dämpfendes Gaspolster entsteht.

[0022] Die Ausführungen nach den Figuren 6 bis 9 ermöglichen eine kontrollierte Steuerung des Bewegungsablaufs des Verdrängers 6, 7 mit Hilfe von kurzen Druckimpulsen. Im Vergleich zu kontinuierlich beschleunigten Verdrängern erreicht der erfindungsgemäß bewegte Verdränger 6, 7 seinen Totpunkt zwar zu einem späteren Zeitpunkt; eine maßgebliche Beeinträchtigung der Effektivität des Refrigerators ist jedoch nicht damit verbunden.

Patentansprüche

1. Refrigerator mit einem Arbeitsraum (4, 5), in dem sich ein Verdränger (6, 7) hin und her bewegt, mit einem die Verdrängerbewegung bewirkenden Gasantrieb (8, 9), der einen mit der warmen Seite des Verdrängers (6) gekoppelten Antriebskolben (8) und einen alternierend mit Hochdruckgas und Niederdruckgas zu versorgenden Antriebszylinder (9) umfaßt, mit einer Gassteuereinrichtung (16, 19), mit deren Hilfe der Antriebszylinder (9) zeitweise mit dem unter Hochdruck und dem unter Niederdruck stehenden Anschluß (21 bzw. 22) verbunden wird, wobei die Gassteuereinrichtung (16, 19) mit einem Gassteuerventil ausgerüstet ist, das eine feststehende Ventilscheibe (16), eine rotierende Ventilscheibe (19) sowie in den Ventilscheiben (16, 19) befindliche Steuer-Öffnungen (27 bis 29, 35 bis 37, 34) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl der rotierenden Ventilscheibe (19) sowie die Größe und die Lage der in den einander zugewandten Oberflächen der Ventilscheiben (16, 19) befindlichen Steueröffnungen (27 bis 29, 35 bis 37, 34) derart gewählt sind,
 - daß zur Bewegung des Verdrängers (6, 7) von der warmen zur kalten Seite die Verbindung des Antriebszylinders (9) des Gasantriebs (8, 9) mit dem Hochdruckanschluß (21) nur für einen Bruchteil dieser Bewegungsphase herge-

stellt wird, wobei die Dauer dieses Zeitabschnittes der Bewegungsphase so gewählt wird, dass die durch Anschläge des Verdrängers am Gehäuse verursachten Vibrationen erheblich reduziert sind, eine maßgebliche Beeinträchtigung der Effektivität des Refrigerators jedoch noch nicht eintritt, und

- daß zur Bewegung des Verdrängers (6, 7) von der kalten Seite zur warmen Seite im Antriebszylinder (9) ein Niederdruck erzeugt wird, wobei die Niederdruckerzeugung zu Beginn der Verdrängerbewegungsphase so kurzzeitig ist, daß im Antriebszylinder (9) in die letzte Phase der Verdrängerbewegung dämpfendes Gaspolster entsteht.
2. Refrigerator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die der Versorgung des Arbeitsraumes (4, 5) dienenden Steueröffnungen (27, 34, 36) einen anderen radialen Abstand von der Drehachse der Ventilscheibe (19) haben als die der Versorgung des Antriebszylinders (9) dienenden Steueröffnungen (28, 35, 37).
 3. Refrigerator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der radiale Abstand der der Versorgung des Antriebszylinders (9) dienenden Steueröffnungen (28, 35, 37) von der Drehachse der Ventilscheibe (19) größer ist als der radiale Abstand der der Versorgung des Arbeitsraumes (4, 5) dienenden Steueröffnungen (27, 34, 36).
 4. Refrigerator nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der der Versorgung des Antriebszylinders (9) dienenden Steueröffnungen (28, 35, 37) kleiner sind als die Abmessungen der der Versorgung des Arbeitsraumes (4, 5) dienenden Steueröffnungen (27, 34, 36).
 5. Refrigerator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß entweder die der Versorgung des Gasantriebes (8, 9) mit Hoch- und Niederdruckgas dienende Steueröffnung (28) in der feststehenden Ventilscheibe (16) oder die dazu korrespondierenden Steueröffnungen (35, 37) in der rotierenden Ventilscheibe (19) in mehrere Steueröffnungen (41 bis 43 bzw. 44 bis 46 und 47 bis 49) unterteilt sind.
 6. Refrigerator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Steueröffnungen in den Ventilscheiben (16, 19) zwei- oder mehrfach vorhanden sind, sodaß der Verdränger (6, 7) während einer Umdrehung der Ventilscheibe (16) zwei oder mehr Hübe ausführt.

Claims

1. Refrigerator having a working chamber (4, 5), in which a displacer (6, 7) moves to and fro, having a pneumatic drive (8, 9) which effects the displacer motion and comprises a drive piston (8) coupled to the hot side of the displacer (6) and a drive cylinder (9) to be supplied alternately with high-pressure gas and low-pressure gas, having a gas control device (16, 19), by means of which the drive cylinder (9) is connected intermittently to the high-pressure and the low-pressure connection (21 and 22 respectively), the gas control device (16, 19) being equipped with a gas control valve which comprises a stationary valve disc (16), a rotating valve disc (19) as well as control openings (27 to 29, 35 to 37, 34) situated in the valve discs (16, 19), characterized in that the rotational speed of the rotating valve disc (19) as well as the size and position of the control openings (27 to 29, 35 to 37, 34) situated in the mutually opposing surfaces of the valve discs (16, 19) are selected in such a way
 - that, for movement of the displacer (6, 7) from the hot to the cold side, the connection of the drive cylinder (9) of the pneumatic drive (8, 9) to the high-pressure connection (21) is established only for a fraction of said phase of motion, the duration of said time segment of the phase of motion being so selected that the vibrations caused by impacts of the displacer against the housing are considerably reduced yet a significant impairment of the effectiveness of the refrigerator still does not occur, and
 - that, for movement of the displacer (6, 7) from the cold side to the hot side, a low pressure is generated in the drive cylinder (9), the low pressure generation at the start of the phase of displacer motion being of such short duration that in the drive cylinder (9) a gas cushion is produced, which damps the last phase of the displacer motion.
2. Refrigerator according to claim 1, characterized in that the control openings (27, 34, 36) used to supply the working chamber (4, 5) are at a different radial distance from the axis of rotation of the valve disc (19) than the control openings (28, 35, 37) used to supply the drive cylinder (9).
3. Refrigerator according to claim 2, characterized in that the radial distance of the control openings (28, 35, 37), which are used to supply the drive cylinder (9), from the axis of rotation of the valve disc (19) is greater than the radial distance of the control openings (27, 34, 36) used to supply the working chamber (4, 5).

4. Refrigerator according to claim 2 or 3, characterized in that the dimensions of the control openings (28, 35, 37) used to supply the drive cylinder (9) are smaller than the dimensions of the control openings (27, 34, 36) used to supply the working chamber (4, 5).
5. Refrigerator according to one of claims 1 to 4, characterized in that either the control opening (28) in the stationary valve disc (16) used to supply the pneumatic drive (8, 9) with high- and low-pressure gas or the corresponding control openings (35, 37) in the rotating valve disc (19) are subdivided into a plurality of control openings (41 to 43 or 44 to 46 and 47 to 49).
6. Refrigerator according to one of claims 1 to 5, characterized in that the control openings in the valve discs (16, 19) are provided two or more times so that the displacer (6, 7) in the course of one revolution of the valve disc (16) executes two or more strokes.

Revendications

1. Réfrigérateur comportant une chambre de travail (4, 5) dans laquelle un élément de refoulement se déplace en va-et-vient, un entraînement à gaz (8, 9) qui produit le mouvement de l'élément de refoulement et qui comprend un piston moteur (8) couplé au côté chaud de l'élément de refoulement (6) et un cylindre moteur (9) à alimenter en alternance en gaz sous haute pression et en gaz sous basse pression, comportant un dispositif de commande de gaz (16, 19) à l'aide duquel le cylindre moteur (9) est relié temporairement au raccord (21) sous haute pression et au raccord (22) sous basse pression, le dispositif de commande de gaz (16, 19) étant équipé d'une valve de commande de gaz qui comporte un disque de valve stationnaire (16), un disque de valve en rotation (19) ainsi que des ouvertures de commande (27 à 29, 36 à 37, 34) situées dans les disques de valve (16, 19), caractérisé en ce que la vitesse de rotation du disque de valve en rotation (19) ainsi que la taille et la position des ouvertures de commande (27 à 29, 35 à 37, 34) situées dans les surfaces orientées l'une vers l'autre des disques de valve (16, 19) sont choisies telles que :
 - pour déplacer l'élément de refoulement (6, 7) depuis le côté chaud vers le côté froid, la liaison du cylindre moteur (9) de l'entraînement à gaz (8, 9) avec le raccord sous haute pression (21) n'est établie que pour une fraction de cette phase de déplacement, la durée de cette période temporelle de la phase de déplacement étant choisie telle que les vibrations causées par les

venues en butée de l'élément de refoulement contre le carter sont considérablement réduites, mais sans que se produise une détérioration notable de l'efficacité du réfrigérateur, et que

- pour déplacer l'élément de refoulement (6, 7) depuis le côté froid vers le côté chaud, une basse pression est générée dans le cylindre moteur (9), la génération de la basse pression étant si brève au début de la phase de déplacement de l'élément de refoulement, qu'il se produit dans le cylindre moteur (9) un coussin de gaz amortissant la dernière phase du déplacement de l'élément dispositif de refoulement.
2. Réfrigérateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les ouvertures de commande (27, 34, 36) servant à l'alimentation de la chambre de travail (4, 5) présentent une distance radiale vis-à-vis de l'axe de rotation du disque de valve (19) autre que celle des ouvertures de commande (28, 35, 37) servant à l'alimentation du cylindre moteur (9).
 3. Réfrigérateur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la distance radiale des ouvertures de commande (28, 35, 37) servant à l'alimentation du cylindre moteur (9) vis-à-vis de l'axe de rotation du disque de valve (19) est supérieure à la distance radiale des ouvertures de commande (27, 34, 36) servant à l'alimentation de la chambre de travail (4, 5).
 4. Réfrigérateur selon l'une ou l'autre des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que les dimensions des ouvertures de commande (28, 35, 37) servant à l'alimentation du cylindre moteur (9) sont inférieures aux dimensions des ouvertures de commande (27, 34, 36) servant à l'alimentation de la chambre de travail (4, 5).
 5. Réfrigérateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que soit l'ouverture de commande (28) servant à l'alimentation de l'entraînement à gaz (8, 9) en gaz sous haute et sous basse pression et située dans le disque de valve, stationnaire (16), soit les ouvertures de commande (35, 37) correspondantes dans le disque de valve en rotation (19), sont subdivisées en plusieurs ouvertures de commande (41 à 43 ou 44 à 46 et 47 à 49).
 6. Réfrigérateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les ouvertures de commande dans les disques de valve (16, 19) sont prévues en double ou en multiple, de sorte que l'élément de refoulement (6, 7) décrit pendant un tour du disque de valve (16) deux ou plusieurs courses.





