(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 831 554 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.01.2012 Patentblatt 2012/02

(21) Anmeldenummer: **05810968.7**

(22) Anmeldetag: **30.11.2005**

(51) Int Cl.:
F04B 35/04 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/056342

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/069881 (06.07.2006 Gazette 2006/27)

(54) **LINEARVERDICHTER**

LINEAR COMPRESSOR

COMPRESSEUR LINEAIRE

(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

(30) Priorität: **23.12.2004 DE 102004062303**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.09.2007 Patentblatt 2007/37

(73) Patentinhaber: **BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH**
81739 München (DE)

(72) Erfinder:
- **SCHUBERT, Jan-Grigor**
  89250 Aufheim (DE)
- **SLOTTA, Georg**
  85375 Neufahrn (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 450 042
US-A- 5 318 412
US-A1- 2002 057 974

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 831 554 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Linearverdichter, insbesondere für den Einsatz zum Verdichten von Kältemittel in einem Kältegerät.

[0002] Aus US6 596 032 B2 ist ein Linearverdichter mit einem Zylinder, einem in dem Zylinder in dessen Längsrichtung oszillierend beweglichen, druckfluidgelagerten Kolben und einem die Bewegung des Kolbens antreibenden Antriebsaggregat bekannt. Bei diesem Linearverdichter ist in der Wand des Zylinders ein umlaufender Hohlraum gebildet, der mit Druckfluid gespeist ist und mit dem Innenraum des Zylinders, in welchem sich der Kolben bewegt, durch eine Vielzahl von über die Seitenwand des Zylinders verteilten Öffnungen kommuniziert. Aus diesen Öffnungen in die Zylinderkammer eindringendes Druckfluid bildet ein Kissen, auf dem der Kolben ohne Kontakt mit der Seitenwand gleitet. Da das Kissen einen Reibkontakt zwischen Kolben und Zylinder verhindert, kann ein solcher Linearverdichter im Dauerbetrieb lange Zeit arbeiten, ohne dass Reibverschleiß zu einer merklichen Abnahme des Wirkungsgrades führt.

[0003] Beim praktischen Einsatz des Verdichters in einem Kältegerät hingegen zeigt sich eine unerwartet schnelle Abnahme des Wirkungsgrades.

[0004] Aus US6 642 377 B2 ist ein Linearverdichter bekannt, bei dem der Kolben nicht druckfluidgelagert ist. Um eine exakte Ausrichtung des Kolbens im Zylinder zu erzielen, wird vorgeschlagen, vor dem Einfügen des Kolbens in die Zylinderkammer eine Beschichtung aus einem festen Gleitmittel wie etwa PTFE oder eine DLC-Schicht an der Oberfläche des Kolbens oder des Zylinders anzubringen, so dass Kolben und Zylinder zusammengefügt werden können und ein zwischen ihnen für den Dauerbetrieb erforderliches Spiel durch Abtragen der Beschichtung in einer Einlaufphase des Verdichters erhalten wird.

[0005] Aus EP 1 450 042 A1 (nächsten Stand der Technik) ist bekannt, den Kolben eines Linearverdichters zu beschichten, wobei das Material des Kolbens und/oder seiner Beschichtung einen größeren thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist als das Material des Zylinders.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, den oberbegriffsgemäßen Linearverdichter so weiterzubilden, dass dieser auch bei lang andauerndem Betrieb in einer praktischen Anwendung wie etwa einem Kältegerät einen gleichbleibenden Wirkungsgrad aufweist.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0008] Es zeigt sich nämlich, dass unerwarteterweise beim Betrieb eines Linearverdichters vom oberbegriffsgemäßen Typ in einem Kältegerät nach langem Betrieb trotz der Druckfluidlagerung Reibverschleißerscheinungen an Zylinder und Kolben auftreten, die zu einem im Laufe der Zeit zunehmenden Entweichen von Fluid aus der Zylinderkammer durch den Spalt zwischen Kolben und Zylinderwand führen. Wenn nämlich das Druckfluid, das zur Aufrechterhaltung des Kissens benötigt wird, von einem Hochdruckanschluss des Verdichters abgezweigt wird, so hat dies zur Folge, dass jeweils zu Beginn und Ende einer Betriebsphase des Verdichters, wenn der Druck am Hochdruckanschluss des Verdichters niedriger ist als während des kontinuierlichen Betriebs, das Kissen nicht ausreichend wirksam ist, um einen Reibkontakt zwischen den Seitenflächen von Kolben und Zylinder zu verhindern. Um in diesen Betriebsphasen Verschleiß zu verhindern, ist die abriebfeste Gleitschicht erforderlich.

[0009] Während bei dem Verdichter aus US6 642 377 B2 die DLC- oder PTFE-Gleitschicht nicht abriebfest sein soll, so dass sie abgetragen ist, wenn ein für den Betrieb des Verdichters gewünschtes Spiel zwischen Kolben und Zylinder hergestellt ist, ist es für die vorliegende Erfindung wichtig, dass die Gleitschicht auch vorhanden ist, wenn das für einen effizienten Betrieb der Druckfluidlagerung erforderliche Spiel zwischen den Seitenflächen von Kolben und Zylinder vorhanden ist. Überraschender Weise wurde herausgefunden, dass die Gleitschicht nicht wirkungsgradmindernd wirkt und ein wirkungsgradoptimierter Betrieb des Verdichters über dessen Brauchbarkeitsdauer durch die Gleitschicht erzielt ist.

[0010] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Linearverdichters; und

Fig. 2 einen Schnitt durch den Zylinder des Linearverdichters.

[0011] Der in Fig. 1 in perspektivischer Ansicht gezeigte Linearverdichter hat einen steifen, in Draufsicht in etwa U-förmigen Rahmen, der aus drei Teilen, nämlich zwei flachen Wandstücken 1 und einem Bogen 2, zusammengesetzt ist. Zwischen einander zugewandten Stirnseiten des Bogens 2 und der zwei Wandstücke 1 ist eine erste Membranfeder 3 eingespannt; eine zweite Membranfeder 4 von gleicher Gestalt wie die Membranfeder 3 ist an den vom Bogen abgewandten Stirnseiten der Wandstükke 1 befestigt.

[0012] Die aus Federblech gestanzten Membranfedern 3, 4 haben jeweils zwei langgestreckte Randstreifen 7, der die Stirnseiten der Wandstücke 1 bzw. des Bogens 2 überdecken, und vier Federarme 5, die sich im Zickzack von den Enden der Randstreifen 7 aus zu einem Mittelabschnitt 6 erstrecken, an dem sie zusammentreffen. Der Mittelabschnitt 6 weist jeweils drei Bohrungen auf, zwei äußere, an denen mit Hilfe von Schrauben oder Nieten 13 ein permanentmagnetischer Schwingkörper 8 aufgehängt ist, und eine mittlere Bohrung, durch die sich bei der Membranfeder 3 ein an den Schwingkörper 8, z. B. durch Verschraubung, befestigter Stangenabschnitt 10 erstreckt.

[0013] Der Stangenabschnitt 10 ist mit einer Übertragungsstange 9 über einen flexibel biegsamen verjüngten Abschnitt 11 verbunden. Ein zweiter verjüngter Abschnitt 12 verbindet die Übertragungsstange 11 einteilig mit einer Kolbenstange 14, die in eine von dem Bogen 2 getragene Pumpkammer 15 eingreift, durch eine Bohrung in einer Stirnwand der Pumpkammer geführt ist und in der Pumpkammer 15 mit einem darin beweglichen Kolben 16 (siehe Fig. 2) verbunden ist.

[0014] Zwei Elektromagnete mit E-förmigen Joch und einer um den mittleren Schenkel des E gewickelten Spule sind jeweils zwischen dem Schwingkörper 8 und den Wandstücken 1 mit dem Schwingkörper zugewandten Polschuhen angeordnet und dienen zum Antreiben einer Schwingbewegung des Schwingkörpers 8.

[0015] Da die starr mit dem Kolben 16 verbundene Kolbenstange 14 in der stirnseitigen Bohrung der Pumpkammer 15 geführt ist, ist der Kolben 16 gegen Verkanten geschützt, auch wenn seine Ausdehnung in Richtung der Hin- und Herbewegung gering ist. Der Kolben 16 belegt daher wenig Platz in der Pumpkammer 14, so dass ein großes wirksames Volumen bei kleinen Außenabmessungen erreicht wird.

[0016] Die Pumpkammer 15 ist von einem Hohlraum 17 ringförmig umgeben, der mit der Pumpkammer 15 durch eine Vielzahl von Öffnungen 18 in deren Seitenwand kommuniziert und der über einen Durchgang 19 mit von einem Druckanschluss 20 der Pumpkammer abgezweigtem verdichtetem Gas gespeist ist. Das durch die Öffnungen 18 in die Pumpkammer 15 eindringende Druckgas bildet an der Seitenwand ein Kissen, auf dem der Kolben 16, dessen Durchmesser geringfügig kleiner als der freie Durchmesser der Pumpkammer 15 ist, im wesentlichen reibungsfrei gleitet.

[0017] Die an der Wand der Pumpkammer 15 entlanggleitende Mantelfläche des Kolbens 16 ist mit einer DLC-(diamond-like carbon)-Schicht 21 überzogen. Die DLC-Schicht 21 kann insbesondere eine tetrahedrale Carbonschicht (ta-C) oder eine amorphe wasserstoffhaltige Carbonschicht (a-C:H) sein. Derartige Schichten stellen einen hochwirksamen Schutz vor Reibverschleiß bei extrem geringer Dicke dar. Das heißt, die Dicke der Schicht 21 kann deutlich geringer als das radiale Spiel zwischen Kolben und Zylinder sein, so dass die Schicht 21 auf einen fertigen, in seinen Abmessungen an die Pumpkammer 15 angepassten Kolben 16 aufgebracht werden kann, ohne dass eine nachträgliche Bearbeitung zur Maßanpassung erforderlich wird. Dies ermöglicht eine besonders kostengünstige Realisierung der Erfindung, da die Aufbringung der DLC-Schicht 21 auf den Kolben 16 einen einzelnen zusätzlichen Schritt bei der Fertigung der Verdichter darstellt, der in etablierte Fertigungsabläufe derartiger Verdichter leicht eingefügt werden kann, da er keinerlei Folgeanpassungen wie etwa Abmessungsänderungen an anderen Fertigungsschritten erfordert.

Patentansprüche

1. Linearverdichter mit einem Zylinder (15), einem in dem Zylinder (15) in dessen Längsrichtung oszillierend beweglichen, druckfluidgelagerten Kolben (16) und einem die Bewegung des Kolbens antreibenden Antriebsaggregat (1-14), wobei von einander zugewandten Seitenflächen des Kolbens (16) und des Zylinders (15) wenigstens eine mit einer abriebfesten Gleitschicht (21) versehen ist, wobei die mit der Gleitschicht (21) versehene Seitenfläche die Mantelfläche des Kolbens (16) ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gleitschicht (21) eine DLC-Schicht ist, und dass die Dicke der Gleitschicht (21) deutlich geringer ist als das radiale Spiel zwischen Kolben (16) und Zylinder (15).

2. Linearverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen der wenigstens einen die Gleitschicht (21) tragenden Seitenfläche des Kolbens (16) oder des Zylinders (15) und der dieser zugewandten Oberfläche des Kolbens (16) oder des Zylinders (15) ein ausreichendes Spiel besteht, um eine Bewegung des Kolbens (16) in der Längsrichtung ohne gegenseitige Berührung der Seitenflächen zu ermöglichen.

3. Linearverdichter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** an einem Hochdruckanschluss (20) des Verdichters eine Abzweigung (19) für Druckfluid für die Lagerung des Kolbens (16) gebildet ist.

Claims

1. Linear compressor with a cylinder (15), a piston (16) which is oscillatingly movable in the cylinder (15) in the longitudinal direction thereof and is borne by pressure fluid and a drive unit (1-14) driving the movement of the piston, wherein of mutually facing side surfaces of the piston (16) and the cylinder (15) at least one is provided with an abrasion-resistant slide layer (21), wherein the side surface provided with the slide layer (21) is the circumferential surface of the piston (16), **characterised in that** the slide layer (21) is a DLC layer and that the thickness of the slide layer (21) is significantly smaller than the radial play between piston (16) and cylinder (15).

2. Linear compressor according to claim 1, **characterised in that** a sufficient play is present between the at least one side surface, which carries the slide layer (21), of the piston (16) or the cylinder (15) and the surface, which faces this, of the piston (16) or the cylinder (15) in order to enable movement of the piston (16) in longitudinal direction without mutual contact of the side surfaces.

3. Linear compressor according to claim 1 or 2, **characterised in that** a branch (19) for pressure fluid for bearing the piston (16) is formed at a high-pressure connection (20) of the compressor.

Revendications

1. Compresseur linéaire avec un cylindre (15), un piston (16) mobile oscillant dans le cylindre (15) dans le sens longitudinal de celui-ci et logé dans un fluide sous pression, et une unité d'entraînement (1-14) qui entraîne le mouvement du piston, au moins l'une de faces latérales du piston (16) et du cylindre (15) qui se font face étant pourvue d'une couche lubrifiante (21) qui résiste à l'abrasion, la face latérale pourvue de la couche lubrifiante (21) étant la surface enveloppante du piston (16), **caractérisé en ce que** la couche lubrifiante (21) est une couche DLC et **en ce que** l'épaisseur de la couche lubrifiante (21) est nettement inférieure au jeu radial entre le piston (16) et le cylindre (15).

2. Compresseur linéaire selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il y a, entre l'au moins une face latérale du piston (16) ou du cylindre (15) portant la couche lubrifiante (21) et la surface du piston (16) ou du cylindre (15) qui lui fait face, un jeu suffisant pour permettre un mouvement du piston (16) dans le sens longitudinal sans contact mutuel entre les faces latérales.

3. Compresseur linéaire selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**est formé, sur un raccord haute pression (20) du compresseur, un branchement (19) pour fluide sous pression pour le logement du piston (16).

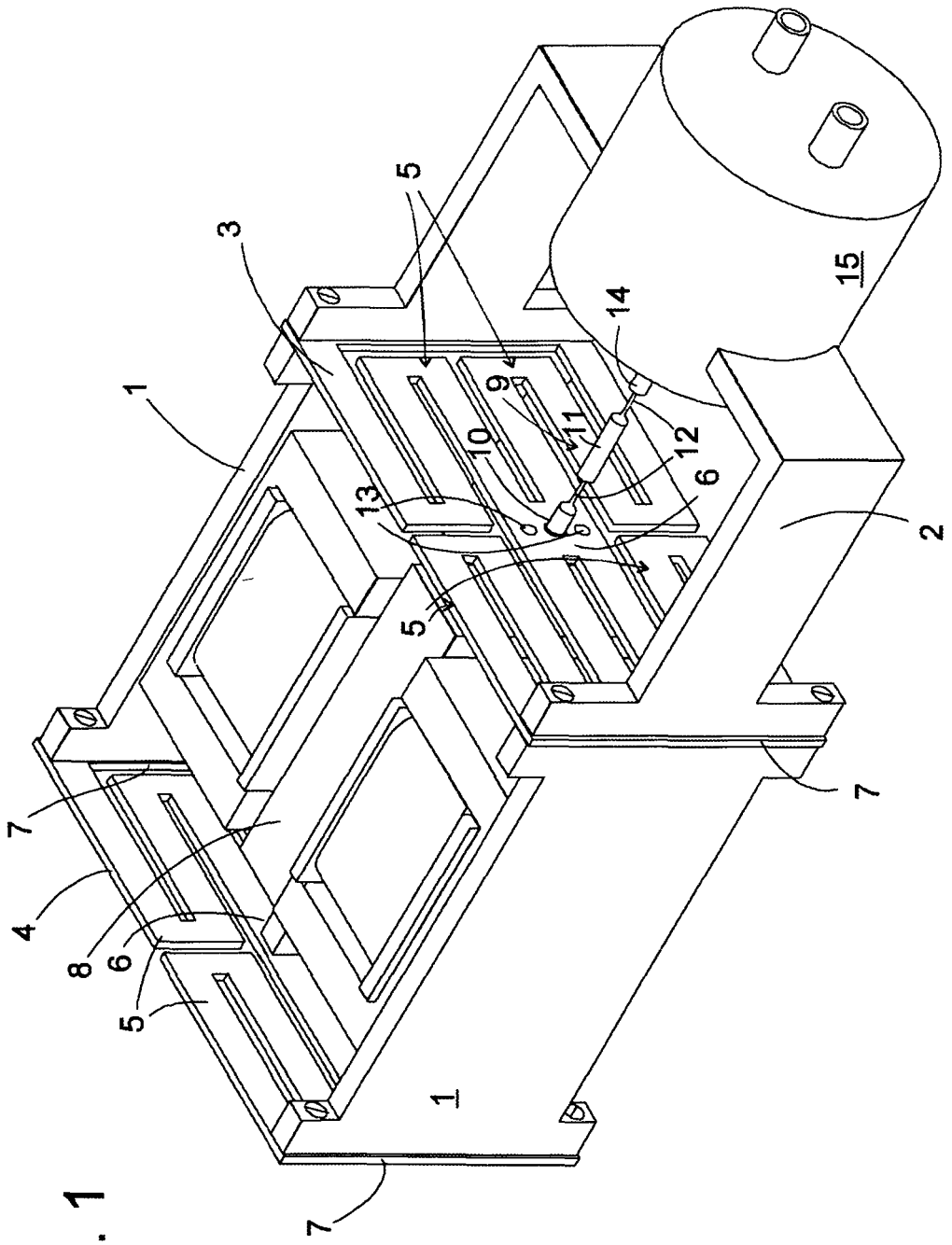


Fig. 1

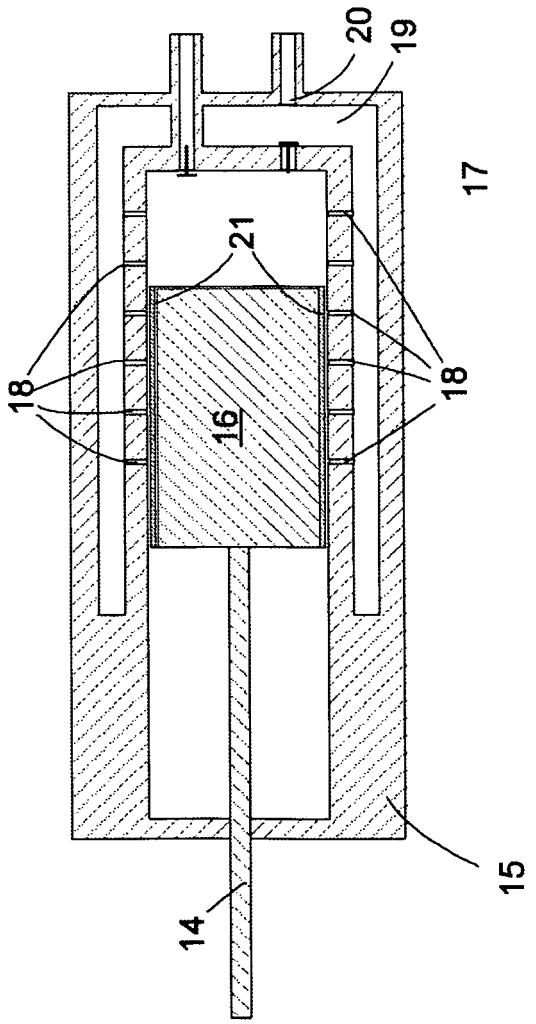


Fig. 2

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

- US 6596032 B2 **[0002]**
- US 6642377 B2 **[0004] [0009]**
- EP 1450042 A1 **[0005]**