



(11)

EP 1 674 726 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.06.2006 Patentblatt 2006/26

(51) Int Cl.: **F04B 39/00** ^(2006.01) **B60T 17/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04029955.4**

(22) Anmeldetag: 17.12.2004

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

(71) Anmelder: **KNORR-BREMSE
Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
80809 München (DE)**

(72) Erfinder: **Hartl, Michael**
82008 Unterhaching (DE)

(54) **Trockenlaufender Kolbenverdichter**

(57) Trockenlaufender Kolbenverdichter mit einem Kurbelgehäuse (4), an dem zumindest ein topfartiger Zylinder (5) mit einem zugeordneten innenliegenden Kolben (7) angeordnet ist, der mittels eines Pleuels (8) mit einer im Kurbelgehäuse (4) drehbar gelagerten Kurbelwelle (10) verbunden ist, wobei das kurbelwellenseitige Ende des Pleuels (8) über ein nach Art eines Wälzlagers

ausgeführtes Pleuellager (9) an der Kurbelwelle (10) gelagert ist, wobei das Pleuellagers (9) eine Belastungskennzahl B_{Pleuel} in einem Bereich von 2 bis 6 aufweist, die sich aus folgender Formel ergibt: $B_{\text{Pleuel}} = C_{\text{dyn}} \cdot [N] / (A_{\text{Kolben}} [\text{mm}^2] \cdot p_{\text{Verdichter}} [\text{N/mm}^2])$, wobei C_{dyn} für die dynamische Lagertragzahl, A_{Kolben} für die Kolbenfläche und $p_{\text{Verdichter}}$ für den Nennarbeitsdruck stehen.

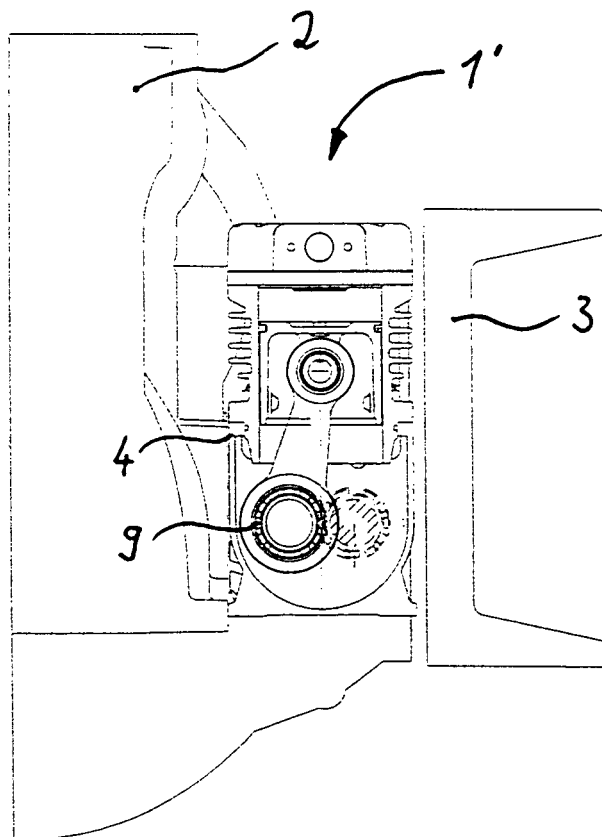


Fig.2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen trockenlaufenden Kolbenverdichter mit einem Kurbelgehäuse, an dem zumindest ein topfartiger Zylinder mit einem zugeordneten innenliegenden Kolben angeordnet ist, der mittels eines Pleuels mit einer im Kurbelgehäuse drehbar gelagerten Kurbelwelle verbunden ist, wobei das kurbelwellenseitige Ende des Pleuels über ein nach Art eines Wälzlagers ausgeführtes Pleuellager an der Kurbelwelle gelagert ist.

[0002] Das Einsatzgebiet der vorliegenden Erfindung erstreckt sich vornehmlich auf den Nutz- und Schienenfahrzeugbereich. Hier kommen Kolbenverdichter zur Erzeugung von Druckluft zum Einsatz, welche insbesondere für den Betrieb der Druckluft-Bremsanlage benötigt werden. Im Nutzfahrzeugbereich wurden bisher überwiegend ölgeschmierte Kolbenverdichter eingesetzt; die vorliegende Erfindung bezieht sich jedoch auf trockenlaufende, das heißt ölfreie Kolbenverdichter, welche sich speziell für den Einsatz im Nutz- und Schienenfahrzeugbau eignen.

[0003] Bei den allgemein im Stand der Technik bekannten ölgeschmierten Kolbenverdichtern hat die Ölschmierung zur Folge, dass die Druckluft ölhaltig ist. Das Kondensat, welches bei der anschließenden Lufttrocknung anfällt, muss wegen des Ölgehalts aus Umweltschutzgründen in beheizbaren Behältern gesammelt und in regelmäßigen Zeitabständen zur Entsorgung abgelassen werden. Dies führt zu einem erhöhten Wartungs- und Entsorgungsaufwand. Hinzu kommen häufig auftretende Probleme einer Emulsionsbildung im Ölkreislauf herkömmlicher ölgeschmierter Kolbenverdichter, die gewöhnlich während des Winterbetriebs bei niedriger Belastung auftreten. Besondere Probleme entstehen bei dem Einsatz ölgeschmierter Kolbenverdichter in Nutzfahrzeugen. Seitlich am Verbrennungsmotor des Nutzfahrzeuges -angeflanschte, direkt angetriebene Kolbenverdichter werden mit hoher Drehzahl und Leistungsdichte betrieben, woraus ein besonders hoher Ölausstoß ins pneumatische System resultiert, was zwangsläufig zur Verölung der nachgeschalteten Komponenten führt. Darüber hinaus werden diese Kolbenverdichter in der Regel einstufig bei hohen Verdichtungstemperaturen betrieben, wodurch das Öl an den Druckausgängen der Ventile thermisch derart hoch beansprucht wird, dass es zum Cracken kommen kann. Hierdurch entstehen Verkokungen, welche von der Druckluft ins pneumatische System getragen werden und Folgeschäden an den nachgeschalteten Komponenten verursachen.

[0004] In jüngster Zeit werden daher verstärkt Anstrengungen unternommen, anstelle von ölgeschmierten Kolbenverdichtern bei Nutzfahrzeugen trockenlaufende Kolbenverdichter zum Einsatz zu bringen. Bisher scheiterte dies daran, dass trockenlaufende Ölverdichter über vergleichsweise größere geometrische Abmessungen verfügen, um eine mit ölgeschmierten Kolbenverdichtern vergleichbare Förderleistung zu bringen. Da jedoch bei Nutzfahrzeugen nur ein sehr knapper Bauraum zur Unterbringung der Verdichtereinheit zur Verfügung steht, stießen derartige Bestrebungen bisher auf Hindernisse.

[0005] Aus der DE 101 09 S 14 C1 ist ein gattungsgemäßer trockenlaufender Kolbenverdichter bekannt, der hier insbesondere zum Einsatz innerhalb von Schienenfahrzeugen konzipiert ist. Der trockenlaufende Kolbenverdichter besitzt ein Kurbelgehäuse für eine hierin drehbar gelagerte Kurbelwelle. Außen an dem Kurbelgehäuse sind mehrere topfartige Zylinder mit jeweils zugeordneten innenliegenden Kolben vorgesehen, wobei die Kurbelwelle über ein Pleuellager als erste Lagerstelle mit einem Ende des Pleuels in Verbindung steht, um die Drehbewegung der Kurbelwelle in eine lineare Bewegung für den am anderen Ende des Pleuels über ein Kolbenbolzenlager als zweite Lagerstelle gelagerten Kolben umzuwandeln. Der trockenlaufende Kolbenverdichter arbeitet ohne ein im Kurbelgehäuse befindliches Schmieröl. Stattdessen wird die Schmierung an der Kolbenlaufbahn durch eine besonders reibungsarme dynamische Dichtungsanordnung ersetzt. Alle drehenden Bauteile sind darüber hinaus wälzgelagert. Die gekapselten Wälzlager werden dabei mit einer temperaturbeständigen, langlebigen Fettfüllung versehen. Im Ventilbereich werden gleitgeführte Bauteile weitestgehend vermieden. Durch die Summe dieser Maßnahmen ist eine Ölschmierung im Kolbenverdichter entbehrlich. Folglich kann beispielsweise auch die Gefahr einer Verölung der vom Kolbenverdichter erzeugten Druckluft ausgeschlossen werden.

[0006] Jedoch ist in den betreffenden Fahrzeugen der Einsatz eines ölfreien Kolbenverdichters bisher nicht möglich gewesen, da dieser direkt am Verbrennungsmotor (Dieselmotor) seitlich anzuflanschen ist, wobei zwischen Fahrzeugträger und Verbrennungsmotor nur ein eng begrenzter Einbauraum zur Verfügung steht. Durch den Einsatz eines wälzgelagerten Pleuels, so wie es die ölfreie Bauweise eines Kolbenverdichters notwendig macht, verbreitert sich der Kolbenverdichter mindestens um die doppelte Einbaubreite des Wälzlagers, so dass ein trockenlaufender Kolbenverdichter als Ersatz für einen herkömmlichen ölgeschmierten Kolbenverdichter mit gleicher Förderleistung bisher nicht in Frage kam.

[0007] Das bei einem ölfreien Kolbenverdichter als Wälzlager ausgebildete Pleuellager wurde stets nach den Vorschriften des Standes der Technik dimensioniert. Eine solche Vorschrift enthält die Druckschrift "FAG Wälzlager, WL 41 520/3 DB -Katalog Ausgabe 1999". Die klassische Lagerdimensionierung für den vorliegenden Fall einer Pleuellagerung erfolgt durch die Ermittlung der maximalen Kolbenkraft, welche sich aus Kolbenfläche multipliziert mit dem maximalen auf die Kolbenfläche wirkenden Druck ergibt. Zur Lebensdauerauslegung von Wälzlagerungen wird der Zusammenhang

$$L = (C / P)^p$$

verwendet, wobei C = dynamische Tragzahl, P = Lagerbelastung, p = Lebensdauerexponent ist. Die Lagerauswahl erfolgt letztendlich auf der Grundlage der sich aus dieser Formel ergebenden Tragzahl durch entsprechende mathematische Umformschritte. Tragzahlen von Wälzlager sind genormt und basieren auf DIN ISO 281 sowie DIN ISO 76. Die dynamische Tragzahl C ist definiert als die Belastung unveränderlicher Größe und Richtung, bei der eine genügend große Menge gleicher Lager eine nominelle Lebensdauer von 1 Million Umdrehungen erreicht.

[0008] Eine besondere Problematik hinsichtlich der Auswahl des Pleuellagers ergibt sich - wie vorstehend erläutert - aus den Bauraumbegrenzungen bei Nutzfahrzeugen, so dass nur sehr kleinbauende Wälzlager als Pleuellager in Frage kommen würden. Insbesondere würden also Wälzlager nach Art eines Nadellagers oder kleinrollige Zylinderrollenlager in Betracht kommen. Jedoch können diese Lagertypen wegen der verstärkten Fettalterung aufgrund der erhöhten Walzarbeit nicht nur die für Kolbenverdichter in Nutzfahrzeugen geforderten Betriebszeiten nicht erbringen; unter realen Betriebsbedingungen würden diese Lagertypen auch schnell zu Lagerausfällen und Verdichterschäden führen. Andere Lagertypen mit geringerer Schmierstoffbelastung sind jedoch nach dem Stand der Technik entsprechend der vorstehend beschriebenen Vorschrift so groß zu dimensionieren, dass die Größe des Kurbeltriebs und insbesondere die Breite desselben jeden Einsatz in einem Nutzfahrzeug an einem technisch sinnvollen Einbauport ausschließen würden.

[0009] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen trockenlaufenden Kolbenverdichter zu schaffen, welcher im Vergleich zu einem ölgeschmierten Kolbenverdichter gleicher Förderleistung nur dessen Bauraum beansprucht, und zwar bei mindestens derselben Lebensdauer.

[0010] Die Aufgabe wird ausgehend von einem trockenlaufenden Kolbenverdichter gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Die nachfolgenden abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder.

[0011] Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, dass das bauraumkritische Pleuellager seitens der Kurbelwelle eine Belastungskennzahl B_{Pleuel} in einem Bereich von 2 bis 6 aufweist, die sich aus folgender Formel ergibt:

$$B_{\text{Pleuel}} = C_{\text{dyn.}} [N] / (A_{\text{Kolben}} [\text{mm}^2] \cdot p_{\text{Verdichter}} [N/\text{mm}^2])$$

[0012] Das bedeutet nach mathematischer Umformung, dass die Auswahl des Pleuellagers anhand der dynamischen Lagertragzahl C_{dyn} durch folgende Formel erfolgt:

$$C_{\text{dyn.}} = A_{\text{Kolben}} \cdot (2 \dots 6) \cdot p_{\text{Verdichter}}$$

[0013] Eine Auslegung des Pleuellagers nach dieser Vorschrift gewährleistet eine ausreichende Lebensdauer und ermöglicht eine Verkleinerung der geometrischen Abmessungen des trockenlaufenden Kolbenverdichters. Die erfindungsgemäße Leistung besteht darin, dass bei praktischen Versuchen überraschenderweise festgestellt wurde, dass bei einem trockenlaufenden Kolbenverdichter die sogenannte dynamisch äquivalente Lagerbelastungsermittlung (besagter FAG-Katalog "Wälzlager", S. 32) auch für pulsierende Drehzahlen der Lagerauslegung zugrunde gelegt werden kann. Darüber hinaus wurde mit stark unterdimensionierten Lagern experimentiert, was der Fachmann aufgrund der gängigen Vorschriften zur Lagerauslegung nicht tun würde. Ausgangspunkt für die einen neuen Weg gehenden Überlegungen waren Erkenntnisse aus der Schwingungsoptimierung bezüglich des Einsatzes schwerer Kolben, die auf die Lagerauslegung übertragen wurden. Kern des neuen Gedankengangs ist die Tatsache, dass die Bewegungsenergie schwerer Kolben, so wie diese auch bei trockenlaufenden Kolbenverdichtern verwendet werden, aufgrund der Führungslänge des schweren Kolbenbolzens und des Einsatzes eines Wälzlagers am Kolben in die Verdichtungsenergie umgesetzt wird, was nicht nur zu einer Verbesserung des Schwingungsverhaltens sondern - hier ursächlich - zu einer Entlastung der Wälzlager am Pleuel führen muss.

[0014] Die Zusammenfassung dieser Überlegungen, welche durch die praktischen Versuche bestätigt werden konnten, führte zu der Erkenntnis, dass die Lagerauslegung und Dimensionierung bei dem speziellen Einsatzfall eines trok-

kenlaufenden Kolbenverdichters in einen bisher nicht verwendeten Bereich gelegt werden kann, der sich mit

5

$$2 \leq C_{\text{dyn}} / (A_{\text{Kolben}} \cdot p_{\text{Verdichter}}) \leq 6$$

beschreiben lässt, wobei A_{Kolben} die Kolbenfläche in mm^2 , $p_{\text{Verdichter}}$ den Nennarbeitsdruck des Verdichters in N/mm^2 und C_{dyn} die dynamische Lagertragzahl in N angibt.

[0015] Nach den Dimensionierungsvorschriften des Standes der Technik würde sich im Gegensatz zu der erfindungsgemäßen Lösung eine Belastungskennzahl B_{Pleuel} von weit mehr als 6 ergeben.

[0016] Gemäß einer weiteren, die Erfindung verbessernden Maßnahme sollte das Verhältnis zwischen der oszillierenden Masse m_{osz} des aus Kolben, Kolbenring, Kolbenbolzenlager und dem oszillierenden Teil des Pleuels bestehenden Kurbeltriebes und der Wirkfläche des Kolbens A_{Kolben} im Bereich von 10 bis 20 liegen. Hierbei ist A_{Kolben} in cm^2 und m_{osz} in g anzugeben. Im Bereich dieses Verhältnisses zwischen Kolbenfläche und oszillierender Masse stellt sich eine besonders minimale Lagerbelastung ein, was zusätzlich zur Lebensdauerverlängerung beiträgt. Das besagte Verhältnis bringt den erfindungsgemäßen Nutzen insbesondere im Bereich des Einsatzes besonders schwerer Kolben. Hierauf wäre in diesem Falle dann zusätzlich zu achten.

[0017] Das nach Art eines Wälzlagers auszubildende Pleuellager sollte vorzugsweise in Form mindestens eines Kugellagers ausgeführt werden. Es ist jedoch auch denkbar, dass das Pleuellager als zweireihiges Kugellager ausgeführt wird, was zwar eine entsprechende Verbreiterung des für das Pleuellager erforderlichen Bauraums verursacht; das im Hinblick auf einen minimalen Bauraum kritische Maß des Lagerdurchmessers kann aber hierdurch besonders gering gehalten werden. Denn ein zweireihiges Kugellager weist gegenüber einem vergleichbaren einreihigen Kugellager einen geringeren Außendurchmesser auf.

[0018] Natürlich ist es auch möglich, das Kugellager als gepaartes Kugellager auszuführen, wobei sich die dynamische Lagertragzahl C_{dyn} des Pleuellagers aus der Summe der Einzeltragzahlen beider Kugellager ergibt.

[0019] Das Pleuellager sollte mit einer Fettfüllung zur Dauerschmierung ausgestattet sein. Diese Maßnahme trägt ebenfalls zur Maximierung der Lebensdauer bei.

[0020] Der erfindungsgemäße trockenlaufende Kolbenverdichter kann als ein- oder mehrzylindriger Verdichter ausgeführt sein. Ebenfalls ist im Falle mehrzylindriger Verdichter eine mehrstufige Verdichtung mit mindestens einer Niederdruckstufe und mindestens einer Hochdruckstufe möglich.

[0021] Weitere die Erfindung verbessernde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels mit Berechnungsbeispiel anhand einer Figur im Vergleich zum Stand der Technik näher dargestellt. Es zeigt:

Figur 1 eine Anordnung eines trockenlaufenden Kolbenverdichters in einem Nutzfahrzeug bei herkömmlicher Auslegung des Pleuellagers, und

Figur 2 eine Anordnung eines trockenlaufenden Kolbenverdichters in einem Nutzfahrzeug bei erfindungsgemäßer Auslegung des Pleuellagers.

[0022] Gemäß Figur 1 ist ein Kolbenverdichter 1 innerhalb eines - hier nicht weiter dargestellten - Nutz- bzw. Schienenfahrzeuges zwischen einem Motor 2 zum Antrieb des Fahrzeugs und einem Tragrahmen 3 angeordnet. Der Motor 2 zum Antrieb des Fahrzeuges dient gleichzeitig auch zum Antrieb des Kolbenverdichters 1.

[0023] Der Kolbenverdichter 1 besitzt ein Kurbelgehäuse 4, an welchem ein topfartiger Zylinder 5 über eine - hier nicht weiter erkennbare - Schraubverbindung angebracht ist. Der topfartige Zylinder 5 ist mit einem Zylinderkopf 6 versehen, durch welchen - in an sich bekannter Weise - das Ansaugen von Luft aus der Atmosphäre und die Abgabe der im Zylinder 5 erzeugten Druckluft über eine hierin integrierte Ventilanordnung erfolgt.

[0024] Zur Druckluftherzeugung ist ein im Zylinder 5 hin und her bewegbarer Kolben 7 vorgesehen. Der Kolben 7 ist schwenkbar an einem Pleuel 8 gelagert und steht am gegenüberliegenden Ende über ein Pleuellager 9 mit der Kurbelwelle 10 in Verbindung.

[0025] Bei diesem, dem Stand der Technik entsprechenden Ausführungsbeispiel erfolgte die Auswahl des als Wälzlager ausgeführten Pleuellagers 9 mittels herkömmlicher Berechnungsvorschriften. Dies führt erkennbarer Weise dazu, dass besonders großbauende Pleuellager 9 ausgewählt werden, um eine genügende Lebensdauer zu erhalten.

[0026] Der Begrenzungskreis K verdeutlicht, dass bei dieser herkömmlichen Auswahl der Pleuellager 9 der Bauraum zwischen dem Motor 2 des Nutzfahrzeuges und des Tragrahmens 3 nicht ausreichen würde, um hier diesen trockenlaufenden Kolbenverdichter unterzubringen. Die herrschenden Platzverhältnisse sind von Nutzfahrzeugherstellern al-

lerdings als bauliche Randbedingungen vorgegeben und normalerweise für den Einbau vergleichsweise kleinerbauender ölgeschmierter Kolbenverdichter vorgesehen, welche jedoch die eingangs dargestellten Probleme verursachen.

[0027] In der Figur 2 sind im Vergleich hierzu die Platzverhältnisse bei einem erfindungsgemäß ausgebildeten trockenlaufenden Kolbenverdichter veranschaulicht. Das Kurbelgehäuse 4 dieses Kolbenverdichters 1' kann geringere äußere Abmessungen aufweisen, so dass dieses in den begrenzten Bauraum zwischen Motor 2 und Tragrahmen 3 des Nutzfahrzeuges passt. Ursache hierfür sind die vergleichsweise kleineren Pleuellager 9, deren Durchmesser bauraumbestimmend ist.

[0028] Die nachfolgenden Rechenbeispiele verdeutlichen die mit der Erfindung erzielten Vorteile anhand eines Vergleichs zwischen der Auswahl eines Pleuellagers nach der herkömmlichen Vorschrift im Vergleich zu der neuen Vorschrift:

Als gegeben gelten folgende Größen

[0029]

Kolbendurchmesser:	d_{Kolben}	= 95mm
Systemdruck:	p	= 12,5 bar = 1,25 N/mm ²
Mittl. Drehzahl:	n	= 2400 1/min
Hilfsmittel:		FAG Wälzlager, WL 41 520/3 DB -Katalog Ausgabe 1999

1. Berechnung der Lagerbelastung P

[0030]

Kolbenfläche:	A_{Kolben}	= $(\pi/4) \cdot d_{\text{Kolben}}^2 = 7088 \text{ mm}^2$
Lagerbelastung:	P	= $A_{\text{Kolben}} \cdot p = 8860 \text{ N}$

[0031] Die Lagerbelastung P beträgt **8860 N**.

2. Auswahl des Lagers nach Stand der Technik (Rillenkugellager DIN 625)

[0032]

gemäß o.g. FAG-Katalog,	
Seite 164-165	Rillenkugellager Typ 6311
Außendurchmesser	120 mm
C_{dyn}	= 76500 N/mm ²

[0033] Dieses Lager würde also einen recht großen Außendurchmesser von **120 mm** aufweisen.

3. Nachweisrechnung für Lagerlebensdauer

[0034]

lt. vorgenanntem Katalog:	Lebensdauerexponent $p = 3$ für Kugellager
$L_{10} = (C_{\text{dyn}} / P)^p$	= $(76500 / 8860)^3 = 644 \text{ Mio. Umdrehungen}$
$L_{10h} = (1000000 / 60 \cdot n) \cdot L_{10}$	= $(1000000 / (60 \cdot 2400)) \cdot 644 = 4470 \text{ h}$

[0035] In Ergebnis dessen würde das Lager eine genügende rechnerische Laufzeit von **4470 h** erreichen. Aus folgenden Gründen ist dies jedoch ein Trugschluss:

4. Vergleichsrechnung über Ermittlung Belastungskennzahl

[0036]

EP 1 674 726 A1

$$B_{\text{Pleuel}} = 76500 \text{ N} / (95^2 \cdot \pi / 4) (\text{mm}^2) \cdot 1,25 (\text{N/mm}^2) = \mathbf{8,6}$$

Entsprechend der Belastungskennzahl von $B_{\text{Pleuel}} = 8,6$ wäre das Lager jedoch zu groß und könnte kleiner sein, da für den trockenlaufenden Kolbenverdichter eine Belastungskennzahl von $B_{\text{Pleuel}} = 2 \dots 6$ ausreichend ist.

5. Auswahl eines kleineren Lagers (Rillenkugellager DIN 625)

[0037] Wird eine kleinere dyn. Lagertragzahl von

$$C_{\text{dyn}} = 33200 \text{ N} (2 \times 16600 \text{ N})$$

angenommen, ergibt sich gemäß FAG-Katalog, Seite 160-161: Rillenkugellager Typ 6008 mit Außendurchmesser 68 mm. Dieses Lagerpaar würde also einen vergleichsweise kleinen Außendurchmesser von **68 mm** aufweisen.

6. Ermittlung Belastungskennzahl für das kleinere Lager

[0038]

$$B_{\text{Pleuel}} = 33200 \text{ N} / (95^2 \cdot \pi / 4) (\text{mm}^2) \cdot 1,25 (\text{N/mm}^2) = \mathbf{3,75}$$

[0039] Entsprechend der Belastungskennzahl von $B_{\text{Pleuel}} = 3,75$ wäre das Lager in dem zulässigen Bereich der Belastungskennzahl für den trockenlaufenden Kolbenverdichter von $B_{\text{Pleuel}} = 2 \dots 6$.

7. Vergleich mit Nachweisrechnung der Lagerlebensdauer für das kleinere Lager

[0040] Voraussetzung: Für Wälzlager gilt ein Lebensdauerexponent von 3

$$L_{10} = (C_{\text{dyn}}/P)^3 = (33200/8860)^3 = 52,6 \text{ Mio. Umdrehungen}$$

$$L_{10h} = (1000000/60 \cdot n) \times L_{10} = (1000000/(60 \cdot 2400)) \cdot 52,6 = \mathbf{365 \text{ h}}$$

[0041] Im Ergebnis der klassischen Lebensdauerberechnung würde das Lager eine rechnerische Laufzeit von nur 365 h erreichen, was jedoch bei dem trockenlaufenden Kolbenverdichter nicht zutrifft. Tatsächlich zeigt die Praxis, dass das viel kleinere Lager hier eine Laufzeit von über 5000 h erreicht.

Bezugszeichenliste

[0042]

- 1 Kolbenverdichter
- 2 Motor
- 3 Tragrahmen
- 4 Kurbelgehäuse
- 5 Zylinder
- 6 Zylinderkopf
- 7 Kolben
- 8 Pleuel
- 9 Pleuellager
- 10 Kurbelwelle

K Begrenzungskreis

Patentansprüche

1. Trockenlaufender Kolbenverdichter mit einem Kurbelgehäuse (4), an dem zumindest ein topfartiger Zylinder (5) mit einem zugeordneten innenliegenden Kolben (7) angeordnet ist, der mittels eines Pleuels (8) mit einer im Kurbelgehäuse (4) drehbar gelagerten Kurbelwelle (10) verbunden ist, wobei das kurbelwellenseitige Ende des Pleuels (8)

über ein nach Art eines Wälzlagers ausgeführtes Pleuellager (9) an der Kurbelwelle (10) gelagert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pleuellager (9) eine Belastungskennzahl B_{Pleuel} in einem Bereich von 2 bis 6 aufweist, die sich aus folgender Formel ergibt:

5

$$B_{\text{Pleuel}} = C_{\text{dyn}} [\text{N}] / (A_{\text{Kolben}} [\text{mm}^2] \cdot p_{\text{Verdichter}} [\text{N/mm}^2])$$

10

2. Trockenlaufender Kolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis zwischen der oszillierenden Masse m_{osz} [g] des aus Kolben (7), Kolbenring, Kolbenbolzenlager und dem oszillierenden Teil des Pleuels (8) bestehenden Kurbeltriebes und der Wirkfläche des Kolbens (7) A_{Kolben} [cm²] im Bereich von 10 bis 20 liegt.

15

3. Trockenlaufender Kolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das nach Art eines Wälzlagers ausgebildete Pleuellager (9) als mindestens ein Kugellager ausgeführt ist.

20

4. Trockenlaufender Kolbenverdichter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pleuellager (9) als zweireihiges Kugellager ausgeführt ist.

5. Trockenlaufender Kolbenverdichter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pleuellager (9) als gepaartes Kugellager ausgeführt ist, wobei sich die dynamische Lagertragzahl C_{dyn} des Pleuellagers (9) aus der Summe der Einzeltragzahlen beider Kugellager ergibt.

25

6. Trockenlaufender Kolbenverdichter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Pleuellager (9) mit einer Fettfüllung zur Dauerschmierung ausgestattet ist.

30

7. Trockenlaufender Kolbenverdichter nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser als mehrstufiger Verdichter mit mindestens einer Niederdruckstufe und mindestens einer Hochdruckstufe ausgeführt ist.

8. Nutzfahrzeug, umfassend einen trockenlaufenden Kolbenverdichter nach einem der vorstehenden Ansprüche, welcher zwischen einem den Kolbenverdichter (1') antreibenden Motor (2) und einem Tragrahmen (3) angeordnet ist.

35

40

45

50

55

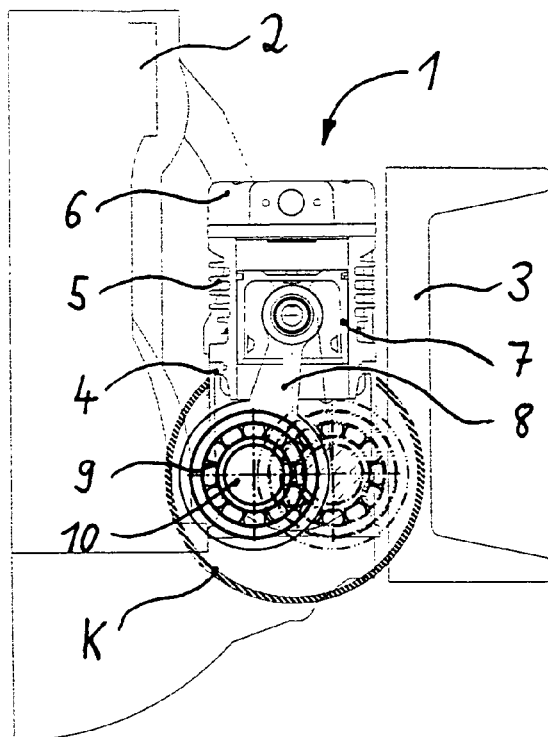


Fig.1

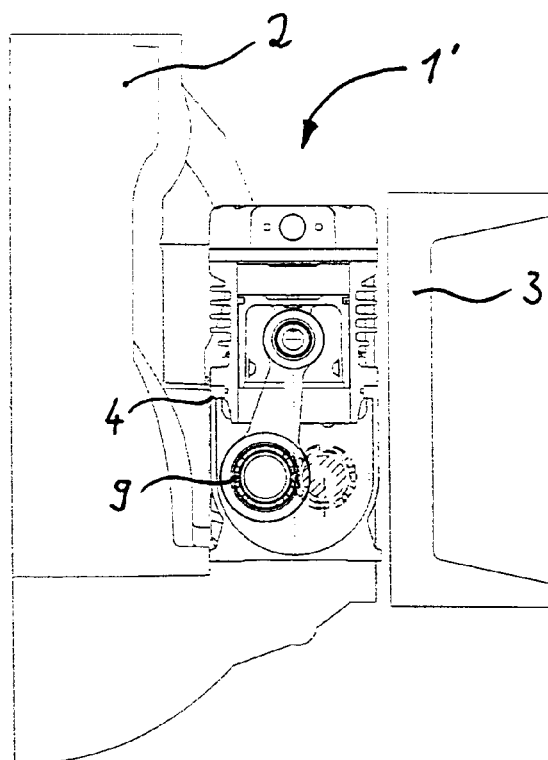


Fig.2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 9955

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,X	DE 101 09 514 C1 (KNORR-BREMSE SYSTEME FÜR SCHIENENFAHRZEUGE GMBH) 11. Juli 2002 (2002-07-11) * das ganze Dokument *	1-8	F04B39/00 B60T17/02
X	DE 100 42 212 A1 (KNORR-BREMSE SYSTEME FÜR SCHIENENFAHRZEUGE GMBH) 14. März 2002 (2002-03-14) * das ganze Dokument *	1-8	
X	US 2003/180161 A1 (HSIAO I-MIN) 25. September 2003 (2003-09-25) * das ganze Dokument *	1-8	
X	US 5 152 677 A (BAUER ET AL) 6. Oktober 1992 (1992-10-06) * das ganze Dokument *	1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F04B B60T
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Februar 2005	Prüfer Olona Laglera, C
KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

3

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 02 9955

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-02-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10109514 C1	11-07-2002	WO 02068822 A1	06-09-2002
		EP 1366292 A1	03-12-2003
		JP 2004530824 T	07-10-2004
		US 2004089147 A1	13-05-2004
DE 10042212 A1	14-03-2002	KEINE	
US 2003180161 A1	25-09-2003	KEINE	
US 5152677 A	06-10-1992	CH 684020 A5	30-06-1994
		DE 4110912 A1	24-10-1991
		IT 1245942 B	07-11-1994

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82