

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Februar 2010 (11.02.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/015501 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01C 21/02 (2006.01) F04D 19/04 (2006.01)
F04C 25/02 (2006.01) F04D 29/059 (2006.01)
F04D 17/16 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/059245

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Juli 2009 (17.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 036 623.4
6. August 2008 (06.08.2008) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH** [DE/DE]; Bonner Straße 498, 50968 Köln (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ADAMIETZ, Ralf** [DE/DE]; Heideweg 19, 42929 Wermelskirchen (DE).

HÖLZER, Rainer [DE/DE]; Lortzingstraße 93, 50354 Hürth (DE). **HENRY, Markus** [DE/DE]; Heinrich-Lersch-Straße 1a, 51109 Köln (DE).

(74) Anwalt: **VON KIRSCHBAUM, Alexander**; Patentanwälte von Kreisler Selting Werner, Bahnhofsvorplatz 1, Deichmannhaus am Dom, 50667 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: USE OF A ROLLING-ELEMENT BEARING FOR BEARING ROTATING COMPONENTS IN VACUUM DEVICES AND VACUUM DEVICE

(54) Bezeichnung: VERWENDUNG EINES WÄRLZLAGERS ZUR LAGERUNG ROTIERENDER BAUTEILE IN VAKUUMEINRICHTUNGEN SOWIE VAKUUMEINRICHTUNG

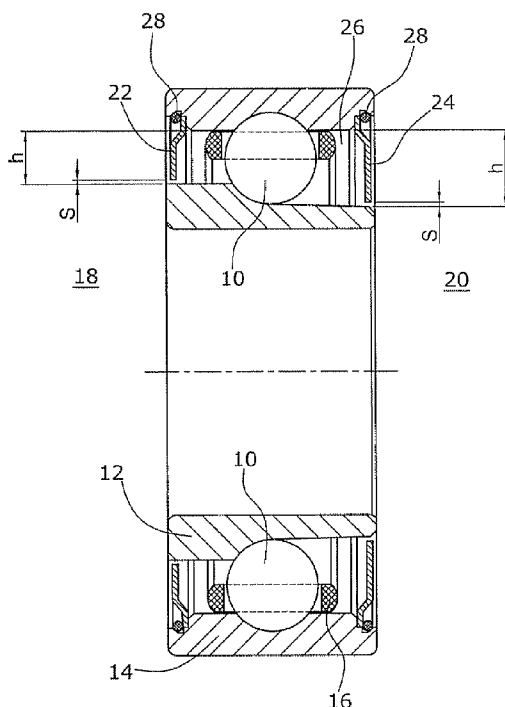


Fig. 1

(57) Abstract: A rolling-element bearing for bearing rotating components in vacuum devices comprises a plurality of rolling elements (10) arranged between bearing elements (12, 14). A bearing compartment (26) is for example closed by sealing elements (22, 24) on both sides. Said sealing elements (22, 24) have a minor sealing gap (s). The rolling-elements bearing according to the invention are used in vacuum sections in which a pressure of less than 10^{-3} mbar prevails.

(57) Zusammenfassung: Ein Wälzlager zur Lagerung rotierender Bauteile in Vakuumeinrichtungen weist mehrere zwischen Lagerelementen (12, 14) angeordnete Wälzkörper (10) auf. Ein Lagerraum (26) ist beispielsweise beidseitig durch Dichtelemente (22, 24) verschlossen. Die Dichtelemente (22, 24) weisen einen geringen Dichtspalt (s) auf. Erfindungsgemäß erfolgt ein Verwenden derartiger Wälzlager in Vakuumbereichen, in denen ein Druck von weniger als 10^{-3} mbar herrscht.

WO 2010/015501 A1



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

**Verwendung eines Wälzlagers zur Lagerung rotierender Bauteile in
Vakuumeinrichtungen sowie Vakuumeinrichtung**

Die Erfindung betrifft die Verwendung eines Wälzlagers zur Lagerung rotierender Bauteile in Vakuumeinrichtungen sowie eine Vakuumeinrichtung.

Vakuumeinrichtungen, wie Vakuumpumpen, weisen in einem Schöpfraum angeordnete Pumpelemente auf. Bei den Pumpelementen handelt es sich beispielsweise um Wälzkolben, Schraubenrotoren und dergleichen. Die Pumpelemente sind üblicherweise jeweils von einer rotierenden Welle getragen. Jede Welle ist üblicherweise von jeweils zwei Lageranordnungen getragen. Häufig weisen die Lageranordnungen fettgeschmierte Wälzlager auf. Die Verwendung von beliebigen Wälzlagern bei Vakuumpumpen ist nur in Bereichen zweckmäßig, in denen der Druck 10^{-3} mbar nicht unterschreitet.

Die rotierenden Bauteile, wie insbesondere die Rotorwelle, sind somit üblicherweise durch fettgeschmierte Wälzlager gelagert. Nach herrschender Fachmeinung ist es hierbei erforderlich, die Wälzlager derart anzuordnen, dass sie keinem hohen Vakuum ausgesetzt sind. Derzeit verwendete Wälzlager sind nur für Drücke bis 10^{-3} mbar freigegeben. Bei niedrigeren Drücken von weniger als 10^{-3} mbar besteht die Gefahr, dass das Schmiermittel aus dem Lagerraum, in dem sich die Wälzkörper befinden, zu großen Mengen

- 2 -

herausgesaugt wird, so dass sich die Lager-Lebensdauer erheblich verringert. Um fettgeschmierte Wälzlager verwenden zu können, müssen diese daher in einem Bereich angeordnet sein, in dem kein zu hohes Vakuum herrscht. Hierzu sind häufig aufwändige Konstruktionen erforderlich. Beispielsweise werden die Pumpenrotoren von Turbomolekularpumpen auf fliegend gelagerten Wellen angeordnet, um das Wälzlager in einem Bereich mit ausreichend hohem Druck anordnen zu können. Der auf Grund der fliegenden Lagerung entstehende freie Kragarm der Welle führt dazu, dass die Baulänge der Wellen beschränkt ist und ferner erhebliche Lagerbelastungen auftreten. Ferner sind derartige Konstruktionen teuer und aufwändig.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, anstelle von fettgeschmierten Wälzlagern Magnetlager vorzusehen. Bei Magnetlagern handelt es sich jedoch um teure Bauteile, die ferner auch zusätzlich mit Fanglagern kombiniert werden müssen, um bei Ausfall des Magnetlagers Notlaufeigenschaft zu gewährleisten.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Konstruktion von Vakuumeinrichtungen zu vereinfachen, die auch bei relativ niedrigen Drücken von insbesondere weniger als 10^{-3} mbar einsetzbar sind.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. 15.

Untersuchungen haben ergeben, dass Wälzlager mit entsprechend ausgebildeten Dichtelementen auch in Vakuumbereichen eingesetzt werden können, in denen Drücke von weniger als 10^{-3} mbar, insbesondere sogar weniger als 10^{-5} mbar oder sogar weniger als 10^{-7} mbar herrschen. Überraschenderweise wurde somit festgestellt, dass entgegen der herrschenden Lehrmeinung und auch der Herstellerangaben entsprechender fettgeschmierter Wälzlager der Einsatz derartiger Wälzlager auch in Bereichen mit niedrigen Drücken möglich ist. Entsprechende Überlegungen haben

ergeben, dass auch bei einem Druck von weniger als 10^{-3} mbar eine unverminderte Lagerlebensdauer erzielt werden kann.

Das erfindungsgemäß verwendete Wälzlager weist zwei Lagerelemente auf, zwischen denen die Wälzkörper in dem Lagerraum angeordnet sind. Bei den Lagerelementen handelt es sich beispielsweise um einen inneren und einen äußeren Lagerring. Ebenso kann einer der beiden Lagerringe entfallen und unmittelbar durch die Welle selbst oder das die Welle umgebende Gehäuse ausgebildet sein, so dass eines der beiden Lagerelemente durch die Welle bzw. ein die Welle umgebendes Bauteil, wie ein Gehäuse, umgeben ist. Des Weiteren ist mindestens ein Dichtelement vorgesehen, das in axialer Richtung eine zumindest einseitige Abdichtung des Lagerraums gegenüber einem Vakuumbereich gewährleistet. Durch das beispielsweise im Wesentlichen ringförmig ausgebildete Dichtelement ist der Lagerraum, in dem die Wälzkörper und das Schmiermittel angeordnet sind, gegenüber dem Vakuumbereich abgegrenzt. Um ein Austreten bzw. Heraussaugen des insbesondere fetthaltigen Schmiermittels in den Vakuumbereich auch bei niedrigen Drücken im Vakuumbereich zu verhindern bzw. stark zu verringern, ist das Dichtelement erfindungsgemäß zur Ausbildung einer Spaltdichtung zu einem der beiden Lagerelemente in einem Abstand mit insbesondere geringer Spaltbreite angeordnet. Das Dichtelement ist ferner mit dem anderen Lagerelement mittelbar oder unmittelbar fest verbunden.

Handelt es sich bei dem Lagerelement beispielsweise um einen äußeren Lagerring, kann das Dichtelement unmittelbar fest mit dem Lagerring oder auch fest mit einem Bauteil, wie einem Gehäuse, das den Lagerring hält, fest verbunden sein. Ist der beispielsweise äußere Lagerring stationär, so ist auch das Dichtelement stationär angebracht. Um in dem Vakuumbereich niedrige Drücke von insbesondere weniger als 10^{-3} mbar zu ermöglichen, ohne dass zu große Mengen an Schmiermittel aus dem Lager herausgesaugt werden, ist der Abstand zwischen dem Dichtelement und einem der beiden Lagerelemente, d.h. die Spaltbreite, kleiner als die mittlere freie Weglänge der Moleküle in

- 4 -

dem Vakuumbereich. Vorzugsweise wird hierbei von der mittleren freien Weglänge der Moleküle von Luft bei 20°C ausgegangen.

Vorzugsweise gilt für die Spaltbreite s :

$$s < \frac{x \cdot 10^{-5} \text{ m mbar}}{p},$$

wobei p der Druck in dem Vakuumbereich in mbar ist und das Dichtelement zwischen dem entsprechenden Vakuumbereich und dem Lagerraum vorgesehen ist. Hierbei ist

$$x \in R \\ \text{mit } 0.5 \leq x \leq 12.$$

x ist für jedes Gas spezifizierbar im Intervall 0.5 bis 12.

In bevorzugter Ausführungsform ist die Spaltbreite bzw. der Abstand s kleiner als 20%, insbesondere kleiner als 10% und besonders bevorzugt kleiner als 5% eines Lagerelementeabstandes h . Unter dem Lagerelementeabstand h wird hierbei der Abstand der beiden Lagerelemente bzw. der seitliche lichte Abstand, d.h. die seitliche Öffnung des Lagers, verstanden. Besonders bevorzugt ist es, dass sowohl die vorstehende Formel für die Spaltbreite in Abhängigkeit des Drucks als auch die Bedingung für die Spaltbreite in Abhängigkeit des Lagerelementeabstandes erfüllt sind.

In bevorzugter Ausführungsform sind zwei einander gegenüberliegende Dichtelemente vorgesehen, um den Lagerraum beidseitig abzudichten. Ggf. können die beiden Dichtelemente unterschiedlich ausgestaltet sein, insbesondere eine unterschiedliche Spaltbreite, d.h. einen unterschiedlichen Abstand zu dem entsprechenden Lagerelement aufweisen. Dies liegt darin begründet, dass der Druck auf den beiden Lagerseiten unterschiedlich sein

kann und beispielsweise auf einer der beiden Seiten ein Dichtelement mit größerer Spaltbreite ausreichend ist. Hierdurch können die Herstellungskosten reduziert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das mindestens eine Dichtelement mit dem äußeren Lagerelement fest verbunden. Dies führt dazu, dass der Dichtspalt zwischen dem inneren Lagerelement, bei dem es sich beispielsweise auch um das rotierende Bauteil selbst handeln kann, und dem Dichtelement ausgebildet ist. Hierdurch wird die Länge des Dichtspalts möglichst kurz gehalten. Dies hat den Vorteil, dass sich die Fläche, durch die Schmiermittel austreten kann, verringert. Ggf. ist es somit zweckmäßig, bei einem Wälzlager mit einem inneren Lagerelement, wie einem Lagerring, das Dichtelement derart auszugestalten, dass dieses am inneren Lagerring vorbeigeführt ist und die wirksame Spaltbreite zwischen dem Dichtelement und der Welle ausgebildet ist. Hierdurch kann auch bei Lagern mit Innenring eine geringe Spaltlänge realisiert werden. Erfindungswesentlich ist bei dieser Ausführungsform, dass das Dichtelement einen geringen Abstand zu einem der beiden Lagerelemente oder einem mit diesem Lagerelement verbundenen Bauteil aufweist. Der erfindungsgemäß schmale Dichtspalt, durch den niedrige Drücke in dem angrenzenden Vakuumbereich zugelassen werden können, ist somit entsprechend der gewählten Konstruktion unmittelbar zwischen dem Dichtelement und dem Lagerelement oder auch zwischen dem Dichtelement und dem mit dem entsprechenden Lagerelement verbundenen Bauteil, wie der rotierenden Welle, vorgesehen.

Der Abstand ist in Umfangsrichtung vorzugsweise konstant, so dass es sich bei dem Spalt um einen Ring konstanter Breite handelt.

Bevorzugt ist es, den Lagerraum, in dem die Wälzkörper und das Schmiermittel vorgesehen sind, möglichst klein auszugestalten. Die Formgebung der Dichtelemente kann somit derart gewählt werden, dass diese

einen geringen Abstand zu den Wälzkörpern oder einem die Wälzkörper tragenden Käfig aufweisen.

Die Verwendung des Wälzlagers erfolgt erfindungsgemäß bei einem Drehzahlbereich von mehr als 6000 U/Min, insbesondere bei mehr als 30.000 U/Min. Die erfindungsgemäße Ausgestaltung des verwendeten Lagers weist hierbei den Vorteil auf, dass trotz der sehr hohen Drehzahlen das entsprechende Lager bei sehr niedrigen Drücken verwendet werden kann.

Insbesondere ist die Verwendung des vorstehend beschriebenen Lagers bei schnelldrehenden Wellen, wie sie in Turbomolekularpumpen angeordnet sind, vorteilhaft. Insbesondere dienen die vorstehend beschriebenen Wälzlager zur Lagerung der Rotorwelle von Turbomolekularpumpen, wobei die Lagerung insbesondere an der Saugseite, d.h. der Seite, an der hohes Vakuum herrscht, eingesetzt wird.

Des Weiteren ist es besonders bevorzugt innerhalb des Lagerraums geeignete Schmiermittel einzusetzen. Bei einem Schmiermittel handelt es sich insbesondere um einen Verbund aus einem Schmierstoff und einem Verdicker. Der Schmierstoff weist hierbei insbesondere Öl auf bzw. ist ölhaltig. Unter Öl wird hierbei nicht nur ein mineralisches oder natürliches Öl verstanden, sondern auch ein Schmiermittel, das im Anwendungsbereich einen flüssigen, mikroskopisch sichtbaren Aggregatzustand aufweist. Vorzugsweise ist das Schmiermittel pastös, wobei hierunter verstanden wird, dass bei Anlegen kleiner Schubspannungen duktile Verformungen der äußeren Form möglich sind, die äußere Form sich hierdurch jedoch nicht durch das Eigengewicht und der Erdbeschleunigung verändert.

Ferner betrifft die Erfindung eine Vakuumeinrichtung, insbesondere eine Vakuumpumpe, mit einem vorstehend beschriebenen Wälzlager, insbesondere in den beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen, wobei das Wälzlager in einem Vakuumbereich angeordnet ist, in dem Drücke von weniger als 10^{-3}

mbar zulässig sind. Dies bedeutet, dass auch beim Auftreten von Drücken von weniger als 10^{-3} mbar in diesem Bereich eine unveränderte Lagerlebensdauer gegenüber dem Betrieb bei anderen Drücken zu erwarten ist.

Die Vakuumpumpe weist in einem Schöpfraum angeordnete Pumpelemente, wie Wälzkolben, Schraubenrotoren oder dergleichen auf. Die Pumpenelemente sind üblicherweise jeweils mit einer rotierenden Welle verbunden, die von mindestens zwei Lageranordnungen getragen wird. Eine der beiden Lageranordnungen kann erfindungsgemäß in einem Vakuumbereich mit entsprechend niedrigem Druck angeordnet sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Vakuumeinrichtung insbesondere eine bevorzugte Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Wälzlagers auf.

Eine weitere unabhängige Erfindung stellt das Wälzlager selbst, insbesondere in den vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen dar.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht einer ersten Ausführungsform eines Wälzlagers, das erfindungsgemäß verwendet werden kann,

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform eines Wälzlagers, das erfindungsgemäß verwendet werden kann, und

Fig. 3 eine schematische, stark vereinfachte Schnittansicht einer Turbomolekular-Vakuumpumpe mit einem in einem Niederdruckbereich angeordneten Wälzlager.

Bei der in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsform eines Wälzlagers sind die als Kugeln ausgebildeten Wälzkörper 10 zwischen einem inneren Lagerelement bzw. Lagerring 12 und einem äußeren Lagerelement bzw. Lagerring 14 angeordnet. Die Wälzkörper 10 sind von einem Käfig 16 gehalten. Auf beiden Seiten 18, 20, die jeweils einen Vakuumbereich ausbilden, ist jeweils ein Dichtelement 22, 24 angeordnet. Zwischen den beiden Dichtelementen 22, 24 ist der die Wälzkörper 10 aufnehmende und mit Schmiermittel, wie Fett, gefüllte Lagerraum 26 ausgebildet. Die beiden im dargestellten Ausführungsbeispiel gekröpft ausgebildeten Dichtelemente 22, 24 sind über Halteelemente, wie Sicherungsringe 28, fest mit dem äußeren Lagerring verbunden.

Die Dichtelemente sind derart ausgebildet, dass sie zu dem inneren Lagerring 12 einen Abstand s aufweisen, wobei sich die Spaltbreite bzw. der Abstand s bzgl. des Dichtelements 22 und des Dichtelements 24 unterscheiden können. Dies ist von der Verwendung des erfindungsgemäßen Wälzlagers und dem in den beiden Vakuumbereichen 18, 20 herrschenden Druck abhängig. Die Spaltbreite s ist vorzugsweise kleiner als die mittlere freie Weglänge der Moleküle des das Wälzlager umgebenden Vakuums bzw. in den Vakuumbereichen 18, 20 herrschenden Vakuums. Dies kann erfindungsgemäß kleiner als 10^{-3} mbar sein. Die dargestellte Ausführungsform des Wälzlagers weist auf Grund der asymmetrischen Ausgestaltung des inneren Lagerrings 12 auf den beiden Seiten unterschiedliche Lagerelementeabstände h auf. Hierbei wird unter dem Lagerelementeabstand h der lichte Abstand zwischen den beiden Lagerelementen bzw. Lagerringen 12, 14 verstanden.

Bei der in Fig. 2 dargestellten zweiten Ausführungsform sind ähnliche oder identische Bauteile mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

In diesem Ausführungsbeispiel (Fig. 2) ist der innere Lagerring 12 auf einer Welle 30 angeordnet und durch ein Halteelement 32 zur Fixierung gegen einen Lagerabsatz 34 gedrückt. Der äußere Lagerring 14 ist in einem Gehäuseelement 36 angeordnet und über ein beispielsweise mit einer Feder 38 vorgespanntes Halteteil 40 fixiert. Das Halteteil 40 ist entsprechend dem äußeren Lagerring 14 mit dem Gehäuse 36 verbunden. Das Halteteil 40 dient somit ferner auch als Dichtelement und weist daher erfindungsgemäß zwischen einer in Richtung der Welle 30 weisenden Innenseite 42 und einer Oberseite 44 der Welle 30 einen Abstand s auf. Der Dichtspalt s weist wiederum die erfindungsgemäß geringe Breite in Abhängigkeit des in dem Vakuumbereich 18 herrschenden Drucks auf. Der Lagerraum 26 umfasst im dargestellten Ausführungsbeispiel ferner in den Dichtelementen 40 und 46 vorgesehene Speicherräume 51, 52, in denen ebenfalls Schmiermittel aufgenommen ist.

Auf der gegenüberliegenden, in Richtung des Vakuumbereichs 20 weisenden Seite des Lagers ist als Dichtelement ein Bauteil 46 ebenfalls fest mit dem Gehäuse 36 verbunden. Eine in Richtung der Welle 30 weisende Innenfläche 48 des Dichtelements 46 weist erfindungsgemäß zu einer Oberseite 50 des Halteteils 32 einen geringen Abstand s auf. Ggf. kann in dem Bereich des Dichtspalts s auch das Halteteil 32 kürzer ausgebildet sein, so dass der Dichtspalt s unmittelbar zwischen der Fläche 48 des Dichtelements 46 und der Oberseite 44 der Welle 30 ausgebildet ist.

Wie anhand des Halteteils 40 in Fig. 2 dargestellt, weist die in Richtung der Welle 30 weisende Innenseite 42 eine Breite b auf. Je größer die Breite b ist, desto besser ist die Dichtwirkung des Spaltes. Die Breite b beträgt mindestens s . Entsprechendes gilt für die Spaltbreiten anders ausgestalteter Dichtelemente, wie beispielsweise der Dichtelemente 22, 24 und 46.

Um den Schmiermittelverlust aus dem Lagerraum 26 weiter zu verringern bzw. einen größeren Spaltabstand auswählen zu können, kann auf der Oberseite 44 der Welle 30 ein als aktives Fördererelement wirkendes Gewinde 45 vorgesehen sein. Durch das Gewinde 45 werden Schmiermittel-Moleküle, die sich auf der Welle 30 ablagern, wieder in Richtung des Lagerraums 26 gefördert. Zusätzlich oder anstatt des Gewindes 45 kann auf der gegenüberliegenden Seite, d.h. an der innenliegenden Seite 42, ein entsprechendes Gewinde vorgesehen sein. Das Gewinde muss nur eine geringe Tiefe aufweisen, so dass spiralförmige Vertiefungen als aktives Fördererelement ausreichend sind. Selbst die beim Drehen der Welle 30 entstehenden Drehriefen wirken als aktives Fördererelement. Zu berücksichtigen ist, dass die spiralförmigen Vertiefungen in Richtung des Lagerraums 26 spiralförmig sind, so dass eine Förderung in Richtung des Lagerraums 26 erfolgt.

Wie insbesondere aus dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ersichtlich ist, ist es erfindungswesentlich, dass der Lagerraum 26, in dem die Wälzkörper 10 und das Schmiermittel angeordnet ist, gegenüber einem oder beiden Vakuumbereichen 18, 22 lediglich eine geringe Verbindung in Form des schmalen Dichtspalts s aufweist. Des Weiteren ist es wesentlich, dass ein Dichtspalt s vorgesehen ist, damit sich die einander gegenüberliegenden, gegeneinander rotierenden Teile nicht berühren. Dies ist insbesondere auf Grund der hohen Drehzahlen erforderlich.

Die beiden vorstehend anhand der Fig. 1 und 2 beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen von Wälzlagern bzw. Lageranordnungen können erfindungsgemäß in Vakuumbereichen eingesetzt werden, in denen Drücke von vorzugsweise weniger als 10^{-3} mbar herrschen.

Entsprechende oder ähnliche Lager können, wie in Fig. 3 schematisch dargestellt, in einer Turbomolekularpumpe eingesetzt werden. Die in Fig. 3 schematisch dargestellte Turbomolekularpumpe weist in einem

Pumpengehäuse 60 eine Rotorwelle 62 auf. Die Rotorwelle 62 trägt als Pumpelement ein Rotorelement 64. Das Rotorelement 64 weist Rotorscheiben 66 auf, zwischen denen Statorscheiben 68 angeordnet sind. Die stationären Statorscheiben 68 sind durch Statorringe 70 gehalten.

Die in Fig. 3 schematisch dargestellte Turbomolekularpumpe saugt Medium in Richtung eines Pfeils 72 an und stößt dieses sodann in Richtung eines Pfeils 74 aus. Auf der in Fig. 3 rechten Seite, der Saugseite der Turbomolekularpumpe, herrscht ein niedriger Druck von vorzugsweise weniger als 10^{-3} mbar. Erfindungsgemäß kann eine Lageranordnung 76, bei der es sich beispielsweise um ein Lager handelt, wie es anhand der Fig. 1 oder 2 beschrieben ist, im Vakuumbereich 20 angeordnet sein. Die Welle ist auf der in der Fig. 3 linken Seite durch ein weiteres Lager 78, bei dem es sich ggf. auch um ein einfacher ausgebildetes Wälzlager handeln kann, gelagert.

Patentansprüche

1. Verwendung eines Wälzlagers zur Lagerung rotierender Bauteile in Vakuumeinrichtungen, mit

mehreren zwischen zwei Lagerelementen (12, 14) in einem Lagerraum (26) angeordneten Wälzkörpern (10), und

mindestens einem Dichtelement (22, 24, 40, 46) zur zumindest einseitigen Abdichtung des Lagerraums (26) gegenüber einem Vakuumbereich (18, 20),

wobei das Dichtelement (22, 24, 40, 46) mit einem der beiden Lagerelemente (14) oder einem mit dem Lagerelement verbundenen Bauteil (36) fest verbunden ist und zur Ausbildung einer Spaltdichtung in einem Abstand (s) zum anderen Lagerelement (12) oder einem mit diesem Lagerelement verbundenen Bauteil (30, 32) angeordnet ist, wobei der Abstand (s) kleiner ist als die mittlere freie Weglänge der Moleküle in dem Vakuumbereich (18, 20),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

der Druck in dem Vakuumbereich (18, 20) kleiner als 10^{-3} mbar ist.

2. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in dem Vakuumbereich (18, 20) kleiner als 10^{-5} mbar, insbesondere kleiner als 10^{-7} mbar ist.

- 13 -

3. Verwendung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für den Abstand (s) gilt:

$$s < \frac{x \cdot 10^{-5} \text{ m mbar}}{p},$$

wobei p der Druck in dem Vakuumbereich (18, 20) in mbar ist und wobei

$$x \in R \\ \text{mit } 0.5 \leq x \leq 12.$$

4. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (s) kleiner als 20%, insbesondere kleiner als 10% und besonders bevorzugt kleiner als 5% eines Lagerelementabstandes (h) ist.
5. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch zwei einander gegenüberliegende Dichtelemente (22, 24; 40, 46) zur beidseitigen Abdichtung des Lagerraums (26).
6. Verwendung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Dichtelemente (22, 24; 40, 46) insbesondere auf Grund der auf den beiden Lagerseiten Vakuumbereiche (18, 20) herrschenden unterschiedlichen Drücken einen unterschiedlichen Abstand (s) aufweisen.
7. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Dichtelement (22, 24) mit dem äußeren Lagerelement fest verbunden ist.

8. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand (s) in Umfangsrichtung konstant ist.
9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Dichtelement (22, 24) zur Ausbildung eines kleinen Lagerraums (26) einen geringen Abstand zu den Wälzkörpern (10) oder einem die Wälzkörper (10) tragenden Käfig (16) aufweist.
10. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Breite (b) eines Dichtelements (40) im Bereich der Spaltdichtung mindestens s beträgt.
11. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch ein im Bereich des Dichtelements (40, 46) angeordnetes, aktives Fördererelement (45) zum Zurückfördern austretenden Schmiermittels in den Lagerraum (26).
12. Verwendung nach Anspruch 11, bei welchem das aktive Fördererelement spiralförmige Vertiefungen aufweist, die in einer in Richtung einer Rotorwelle (30) weisenden Innenseite (42, 48) des Dichtelements (40, 46) und/ oder in einer Oberfläche (44) der Rotorwelle (30) im Bereich des Dichtelements (40, 46) vorgesehen sind.
13. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die durch das mindestens eine Wälzlager gelagerten rotierenden Bauteile eine Drehzahl von mindestens 6.000 U/Min, insbesondere mehr als 30.000 U/Min aufweisen.
14. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verwendung bei einer Turbomolekularpumpe insbesondere zur Lagerung des Pumpenrotors verwendet wird.

15. Vakuumeinrichtung, insbesondere Vakuumpumpe, mit

in einem Schöpfraum angeordneten Pumpelementen (66, 68),

mindestens einer die Pumpelemente (36, 38) tragenden, rotierenden Welle (62),

mindestens zwei die Welle (62) tragenden Lageranordnungen (76, 78), wobei es sich bei zumindest einer der Lageranordnungen (76) um ein Wälzlager handelt, mit

mehreren zwischen zwei Lagerelementen (12, 14) in einem Lagerraum (26) angeordneten Wälzkörpern (10), und

mindestens einem Dichtelement (22, 24, 40, 46) zur zumindest einseitigen Abdichtung des Lagerraums (26) gegenüber einem Vakuumbereich (18, 20),

wobei das Dichtelement (22, 24, 40, 46) mit einem der beiden Lagerelemente (14) oder einem mit dem Lagerelement verbundenen Bauteil (36) fest verbunden ist und zur Ausbildung einer Spaltdichtung in einem Abstand (s) zum anderen Lagerelement (12) oder einem mit diesem Lagerelement verbundenen Bauteil (30, 32) angeordnet ist, wobei der Abstand (s) kleiner ist als die mittlere freie Weglänge der Moleküle in dem Vakuumbereich (18, 20),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

ein Druck von weniger als 10^{-3} mbar im Vakuumbereich zulässig ist.

16. Vakuumeinrichtung nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch ein Wälzlager gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14.

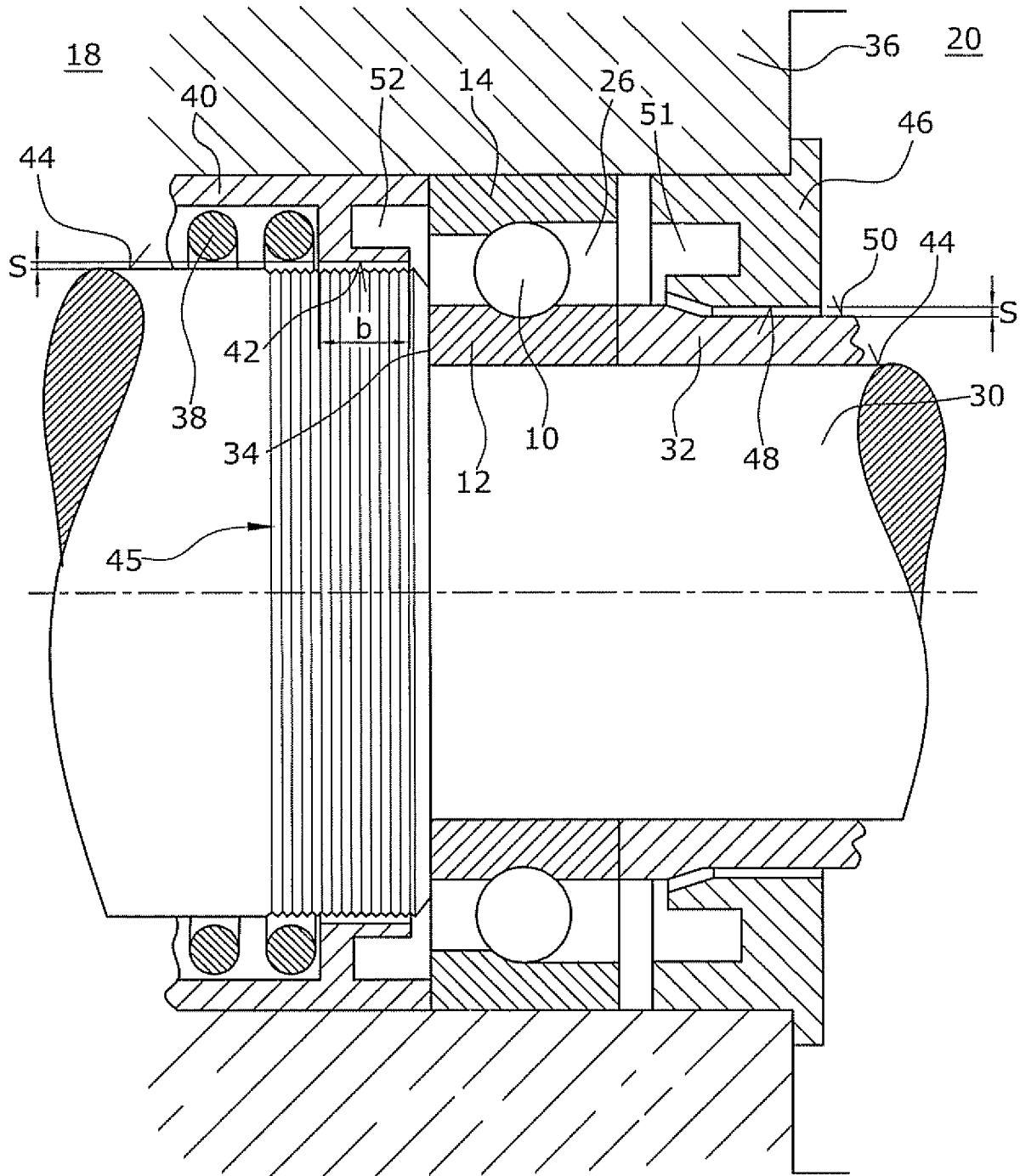


Fig.2

-3/3-

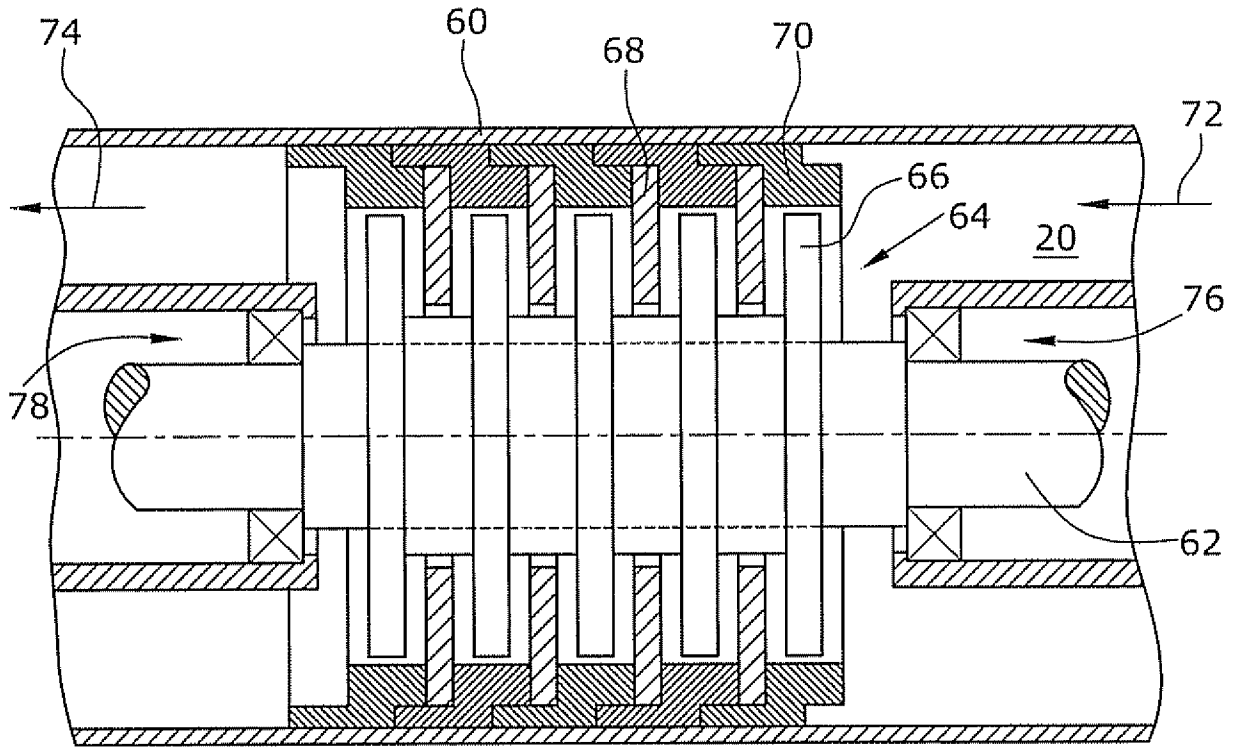


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/059245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01C21/02 F04C25/02 F04D17/16 F04D19/04 F04D29/059

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01C F04C F04D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 809 443 A (HERAEUS GMBH W C) 25 February 1959 (1959-02-25) the whole document page 3, lines 22-52 page 3, lines 75-85; figure 1 -----	1-16
A	GB 1 537 123 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 29 December 1978 (1978-12-29) the whole document -----	1-16
A	US 2006/245960 A1 (SCHOOLING JENNIFER M [GB] ET AL) 2 November 2006 (2006-11-02) the whole document -----	1-16
A	US 4 512 725 A (SAULGEOT CLAUDE [FR]) 23 April 1985 (1985-04-23) the whole document -----	1-16
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 Dezember 2009

Date of mailing of the international search report

16/12/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ingelbrecht, Peter

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2009/059245

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 347 604 A (LAVELLE JOSEPH E ET AL) 17 October 1967 (1967-10-17) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2009/059245

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date																		
GB 809443	A	25-02-1959	NONE																		
GB 1537123	A	29-12-1978	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">CH</td> <td style="width: 40%;">613259 A5</td> <td style="width: 50%;">14-09-1979</td> </tr> <tr> <td>DE</td> <td>2512828 A1</td> <td>30-09-1976</td> </tr> <tr> <td>FR</td> <td>2305617 A1</td> <td>22-10-1976</td> </tr> <tr> <td>JP</td> <td>51116415 A</td> <td>13-10-1976</td> </tr> </table>	CH	613259 A5	14-09-1979	DE	2512828 A1	30-09-1976	FR	2305617 A1	22-10-1976	JP	51116415 A	13-10-1976						
CH	613259 A5	14-09-1979																			
DE	2512828 A1	30-09-1976																			
FR	2305617 A1	22-10-1976																			
JP	51116415 A	13-10-1976																			
US 2006245960	A1	02-11-2006	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">AT</td> <td style="width: 40%;">389808 T</td> <td style="width: 50%;">15-04-2008</td> </tr> <tr> <td>DE</td> <td>602004012546 T2</td> <td>16-04-2009</td> </tr> <tr> <td>EP</td> <td>1618308 A1</td> <td>25-01-2006</td> </tr> <tr> <td>WO</td> <td>2004097224 A1</td> <td>11-11-2004</td> </tr> <tr> <td>JP</td> <td>2006525466 T</td> <td>09-11-2006</td> </tr> </table>	AT	389808 T	15-04-2008	DE	602004012546 T2	16-04-2009	EP	1618308 A1	25-01-2006	WO	2004097224 A1	11-11-2004	JP	2006525466 T	09-11-2006			
AT	389808 T	15-04-2008																			
DE	602004012546 T2	16-04-2009																			
EP	1618308 A1	25-01-2006																			
WO	2004097224 A1	11-11-2004																			
JP	2006525466 T	09-11-2006																			
US 4512725	A	23-04-1985	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">DE</td> <td style="width: 40%;">3360947 D1</td> <td style="width: 50%;">14-11-1985</td> </tr> <tr> <td>EP</td> <td>0086460 A1</td> <td>24-08-1983</td> </tr> <tr> <td>FR</td> <td>2521650 A1</td> <td>19-08-1983</td> </tr> <tr> <td>JP</td> <td>1033677 B</td> <td>14-07-1989</td> </tr> <tr> <td>JP</td> <td>1557060 C</td> <td>16-05-1990</td> </tr> <tr> <td>JP</td> <td>58150096 A</td> <td>06-09-1983</td> </tr> </table>	DE	3360947 D1	14-11-1985	EP	0086460 A1	24-08-1983	FR	2521650 A1	19-08-1983	JP	1033677 B	14-07-1989	JP	1557060 C	16-05-1990	JP	58150096 A	06-09-1983
DE	3360947 D1	14-11-1985																			
EP	0086460 A1	24-08-1983																			
FR	2521650 A1	19-08-1983																			
JP	1033677 B	14-07-1989																			
JP	1557060 C	16-05-1990																			
JP	58150096 A	06-09-1983																			
US 3347604	A	17-10-1967	NONE																		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2009/059245

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01C21/02 F04C25/02 F04D17/16 F04D19/04 F04D29/059

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F01C F04C F04D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 809 443 A (HERAEUS GMBH W C) 25. Februar 1959 (1959-02-25) das ganze Dokument Seite 3, Zeilen 22-52 Seite 3, Zeilen 75-85; Abbildung 1	1-16
A	GB 1 537 123 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 29. Dezember 1978 (1978-12-29) das ganze Dokument	1-16
A	US 2006/245960 A1 (SCHOOLING JENNIFER M [GB] ET AL) 2. November 2006 (2006-11-02) das ganze Dokument	1-16
A	US 4 512 725 A (SAULGEOT CLAUDE [FR]) 23. April 1985 (1985-04-23) das ganze Dokument	1-16
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <ul style="list-style-type: none"> "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. Dezember 2009	16/12/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040. Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Ingelbrecht, Peter
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059245

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 347 604 A (LAVELLE JOSEPH E ET AL) 17. Oktober 1967 (1967-10-17) das ganze Dokument -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/059245

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 809443	A	25-02-1959	KEINE
GB 1537123	A	29-12-1978	CH 613259 A5 14-09-1979 DE 2512828 A1 30-09-1976 FR 2305617 A1 22-10-1976 JP 51116415 A 13-10-1976
US 2006245960	A1	02-11-2006	AT 389808 T 15-04-2008 DE 602004012546 T2 16-04-2009 EP 1618308 A1 25-01-2006 WO 2004097224 A1 11-11-2004 JP 2006525466 T 09-11-2006
US 4512725	A	23-04-1985	DE 3360947 D1 14-11-1985 EP 0086460 A1 24-08-1983 FR 2521650 A1 19-08-1983 JP 1033677 B 14-07-1989 JP 1557060 C 16-05-1990 JP 58150096 A 06-09-1983
US 3347604	A	17-10-1967	KEINE