



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 01 360 T2 2005.11.17**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 233 186 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F04C 18/356**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 01 360.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 250 723.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **01.02.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.08.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.11.2005**

(30) Unionspriorität:

2001037122 14.02.2001 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

Sanyo Electric Co., Ltd., Moriguchi, Osaka, JP

(72) Erfinder:

**Matsumoto, Kenzo, Ora-gun, Gunma-ken, JP;
Sunaga, Takashi, Ora-gun, Gunma-ken, JP;
Matsuura, Dai, Ota-shi, Gunma-ken, JP;
Takahashi, Yusaki, Sawa-gun, Gunma-ken, JP**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Ostriga, Sonnet, Wirths & Roche,
42275 Wuppertal**

(54) Bezeichnung: **Rotationsverdichter**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rotationskompressor, und insbesondere einen Rotationskompressor, der eine Trommel- und Flügelstruktur aufweist, die einen abnormalen Abrieb der Trommel und des Flügels verhindert, um einen zuverlässigen Rotationskompressor bereitzustellen.

[0002] Kompressoren nach dem Stand der Technik, die in Kühlschränken oder Verkaufsautomaten verwendet werden, Schaukastenkompressoren oder Klimaanlage für Wohn- oder Geschäftsräume üblicherweise eine große Menge an Dichlordifluormethan (R12) oder Monochlordifluormethan (R22) als Kühlmittel. Dieses R12 oder R22 ist Ziel einer Regulierung von FCKWs, da sie die Ozonschicht zerstören, wenn sie in die Luft abgegeben werden und die Ozonschicht in der oberen Atmosphäre über der Erde erreicht. Die Zerstörung der Ozonschicht wird durch eine Chlorgruppe (Cl) im Kühlmittel hervorgerufen. Daher wird ein Kühlmittel, das keine Chlorgruppe enthält, zum Beispiel ein Kühlmittel auf Fluorkohlenwasserstoffbasis (HFC-Basis), wie R32, R125 oder R134a, ein Kühlmittel der Kohlenwasserstoffgruppe, wie Propan oder Butan, oder ein natürliches Kühlmittel, wie ein Kohlensäuregas oder Ammoniak, als alternatives Kühlmittel in Betracht gezogen.

[0003] Rotationskompressoren, die eine Trommel- und Flügelstruktur verwenden, sind in der Technik, zum Beispiel aus US 5494423 und US 5951273, bekannt. Das letztere dieser Dokumente offenbart auch die Verwendung von HFC als Kühlmittel.

[0004] Die Europäische Patentanmeldung EP 1 134 418 ist für die vorliegende Anmeldung nach Artikel 54(3) EPC relevant und betrifft einen Rotationskompressor, der in Serie an einen Kompressor, einen Kondensator, eine Expansionsmaschine und einen Verdampfer angeschlossen ist, wobei der Rotationskompressor einen Zylinder mit einem Einlass und einem Auslass umfasst sowie eine Drehwelle mit einem Kurbelabschnitt koaxial mit dem Zylinder, eine Trommel, die zwischen dem Kurbelabschnitt und dem Zylinder vorgesehen ist und exzentrisch dreht, einen Flügel, der sich in einer Nut hin- und herbewegt, die in dem Zylinder vorgesehen ist, und mit einer äußeren Umfangsfläche der Trommel in Gleitkontakt gelangt, wobei ein Krümmungsradius (R_v) (cm) des Flügels an einem Gleitkontaktabschnitt in Bezug auf die Trommel durch den folgenden Ausdruck dargestellt werden kann:

$$T < R_v < R_r$$

wobei T die Dicke (cm) des Flügels ist und R_r der Krümmungsradius des äußeren Umfangs der Trommel ist, der mit dem Flügel in Gleitkontakt gelangt.

[0005] Die vorliegende Erfindung stellt einen Rotationskompressor zur Verfügung, der Kohlensäuregas als Kühlmittel und Polyalkylenglykol oder Polyalphaolefin als Schmiermittel oder Mineralöl als Basisöl verwendet.

[0006] [Fig. 1](#) ist ein Längsschnitts durch einen Rotationskompressor des Zweizylindertyps, bei dem die vorliegende Erfindung angewendet werden kann. [Fig. 2](#) ist eine Querschnittsansicht, die das Verhältnis zwischen dem Zylinder, der Trommel, dem Flügel und anderen Teilen des in [Fig. 1](#) dargestellten Kompressors zeigt, und [Fig. 3](#) ist eine Ansicht des in [Fig. 2](#) dargestellten Flügels. Der Rotationskompressor 1 umfasst einen Elektromotor 20 und einen Kompressor 30, die in einem geschlossenen Behälter 10 aufgenommen sind. Der Elektromotor 20 hat einen Stator 22 und einen Rotor 24 und ist an dem inneren Wandabschnitt des Behälters 10 angebracht. Eine Drehwelle 25, die am Zentrum des Rotors 24 befestigt ist, ist von zwei Platten 33 und 34 drehend gehalten, die die offenen Enden von Zylindern 31 und 32 verschließen. Ein exzentrischer Kurbelabschnitt 26 bildet einen Teil der Drehwelle 25. Die Zylinder 31 und 32 sind zwischen den beiden Platten 33 und 34 angeordnet. Die Achse der Zylinder 31 und 32 (in der Folge wird vorwiegend nur der Zylinder 32 beschrieben) ist dieselbe wie jene der Drehwelle 25. Ein Einlass 23 und ein Auslass 35 für das Kühlmittel sind in dem Umfangswandabschnitt des Zylinders 32 angeordnet.

[0007] In dem Zylinder 32 ist eine ringförmige Trommel 38 vorgesehen (siehe [Fig. 2](#)), und die innere Umfangsfläche 38B der Trommel 38 kommt mit der äußeren Umfangsfläche 26A des Kurbelabschnittes 26 in Kontakt. Die äußere Umfangsfläche 38A der Trommel 38 kommt mit der inneren Umfangsfläche 32B des Zylinders 32 in Kontakt. Ein Flügel 40 ist in Bezug auf den Zylinder 32 gleitend montiert, wobei ein Ende des Flügels 40 mit der äußeren Umfangsfläche 38A der Trommel 38 in Kontakt gelangt. Wenn der Flügel 40 einen Impuls in Richtung zur Trommel 38 erhält und komprimiertes Kühlmittel zur Rückseite des Flügels 40 geleitet wird, ist ein dichter Verschluss zwischen dem Ende des Flügels und der Trommel 38 gesichert. Zwischen dem Flügel 40, der Trommel 38, dem Zylinder 32 und der Platte 34 entsteht eine Verdichtungskammer 50, die den Zylinder 32 und andere schließt. In dem Rotationskompressor 1 wird zum Beispiel Polyolester als Schmiermittel oder

Polyvinylether oder dergleichen als Basisöl verwendet.

[0008] Wenn daher die Welle **25** in **Fig. 2** gegen den Uhrzeigersinn dreht, dreht die Trommel **38** auch exzentrisch im Zylinder **32** und Kühlgas, das vom Einlass **23** angesaugt wird, wird verdichtet und aus dem Auslass **35** ausgegeben. In dem Ansaug-Verdichtungs-Abgabe-Hub wird eine Anpresskraft F_v an dem Kontaktabschnitt zwischen der Trommel **38** und dem Flügel **40** erzeugt.

[0009] Üblicherweise ist die Kontaktfläche **40A** am Ende des Flügels **40** in Bezug auf die äußere Umfangsfläche **38A** der Trommel **38** kreisförmig mit einem Krümmungsradius R_v . Dieser Krümmungsradius R_v hat einen Wert, der im Wesentlichen gleich der Breitendimension T des Flügels **40** ist und etwa $1/10$ bis $1/3$ der Radiusdimension der Trommel **38** beträgt. Die Trommel **38** ist vorzugsweise aus gehärtetem Gusseisen oder einer Gusseisenlegierung hergestellt. Der Flügel **40** ist vorzugsweise aus rostfreiem Stahl, Werkzeugstahl oder einem Stahl hergestellt, der durch Aufbringen einer Oberflächenveredelung, wie einer Nitrierbehandlung, auf ein solches Material erhalten ist. Insbesondere ist bevorzugt, dem Flügelmaterial eine große Härte und Zähigkeit zu verleihen.

[0010] Wie in **Fig. 4** dargestellt, kann der Kontaktzustand zwischen der Trommel **38** und dem Flügel **40** auch ein Kontaktproblem zwischen den Zylindern mit unterschiedlichen Krümmungen bedeuten. In einem Zustand, in dem die beiden elastischen Substanzen der Trommel **38** und des Flügels **40** durch die Anpresskraft F_v des Flügels **40** aneinander gepresst werden, bilden sie im Allgemeinen eine Kontaktfläche und nicht einen Kontaktpunkt oder eine Kontaktlinie. Eine Länge der elastischen Kontaktfläche d zu diesem Zeitpunkt kann durch den Ausdruck (7) berechnet werden, und die Hertz-Belastung (Flächenpressung) P_{max} (kgf/cm^2), die durch den Ausdruck (9) dargestellt ist, wird an dem Kontaktabschnitt erzeugt (Hertz-Theorie des elastischen Kontakts).

$$P_{max} = 4/\pi \cdot F_v/L/d$$

Ausdruck (9)

[0011] (F_v , L und d in Ausdruck (9) sind gleich jenen in Ausdruck (7)).

[0012] Wenn der Oberflächenkontakt hergestellt und die Hertz-Belastung auf diese Weise erhöht ist, wird eine Nitrierbehandlung zur Verbesserung der Abriebbeständigkeit oder eine Oberflächenbehandlung, wie eine Innenbeschichtung von CrN, an dem Flügel des Rotationskompressors durchgeführt, der das Kühlmittel ohne Chlor in seinen Molekülen verwendet und Polyolether als Schmiermittel oder Polyvinylether als Basisöl verwendet. Es bestehen jedoch die Probleme, dass die Nitrierbehandlung keine ausreichende Dehngrenze bereitstellt, die Innenbeschichtung von CrN zum Abblättern führen kann und die Produktionskosten erhöht sind.

[0013] Zur Lösung oder deutlichen Verringerung der oben genannten Probleme nach dem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen äußerst zuverlässigen Rotationskompressor, der Polyalkylenglykol als Schmiermittel oder Polyalphaolefin als Basisöl verwendet, in einem Kompressor bereitzustellen, der Kohlendioxid als Kühlmittel verwendet, und der einen abnormalen Abrieb der Trommel und des Flügels verhindert.

[0014] Als Ergebnis einer ausführlichen Studie zur Lösung der Probleme wird der Krümmungsradius der Kontaktfläche am Ende des Flügels, der mit der äußeren Umfangsfläche der Trommel in Kontakt gelangt, geändert, so dass er einen Wert aufweist, der im Wesentlichen gleich der Breitendimension des Flügels ist. Insbesondere wird in einem Rotationskompressor, der Kohlendioxid (ein natürliches Kühlmittel) als alternatives Kühlmittel verwendet, der Krümmungsradius größer als die Breitendimension des Flügels in einem Bereich eingestellt, der die Gleitkontaktfläche an einem Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel garantiert, und Polyalkylenglykol, Polyalphaolefin oder Mineralöl werden als Schmiermittel verwendet.

[0015] Folglich kann die Hertz-Belastung verringert und die Gleitdistanz vergrößert werden. Ferner wird die Belastung verteilt und die Temperatur an dem Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel kann gesenkt werden. Es hat sich daher gezeigt, dass es möglich ist, einen äußerst zuverlässigen Rotationskompressor bereitzustellen, der den Vorteil hat, eine Verringerung des Abriebs an der äußeren Umfangsfläche der Trommel oder des Flügels durch eine kostengünstige Nitrierbearbeitung (NV-Nitrieren, Sulfonitrieren, Radialnitrieren) zu ermöglichen, ohne eine teure Beschichtungsbehandlung an dem Flügel vornehmen zu müssen, so dass ein abnormaler Abrieb der Trommel und des Flügels in der vorliegenden Erfindung erreicht wird.

[0016] Zur Erreichung dieser Zielsetzung gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Rotationskompressor bereitgestellt mit einem Kühlkreislauf, der durch seriell Verbinden eines Kompressors, eines Kondensators,

einer Expansionsmaschine, eines Verdampfers und anderer durch Rohre gebildet wird, und der Kohlensäuregas als Kühlmittel, Polyalkylenglykol als Schmiermittel, Polyalfaolefin oder Mineralöl als Schmiermittel verwendet, wobei der Rotationskompressor umfasst: einen Zylinder mit einem Einlass und einem Auslass; eine Drehwelle mit einem Kurbelabschnitt coaxial mit dem Zylinder; eine Trommel, die zwischen dem Kurbelabschnitt und dem Zylinder vorgesehen ist und exzentrisch dreht; und einen Flügel, der sich in einer Nut, die in dem Zylinder angeordnet ist, hin- und herbewegt und mit einer äußeren Umfangsfläche der Trommel in Kontakt gelangt, wobei der Krümmungsradius des Flügels an einem Gleitkontaktabschnitt in Bezug auf die Trommel (R_v) (cm) durch den folgenden Ausdruck (1) dargestellt werden kann.

$$T < R_v < R_r \text{ Ausdruck (1)}$$

[0017] Wobei T die Dicke (cm) des Flügels ist und R_r der Krümmungsradius des Außenumfangs der Trommel ist, die in Bezug auf den Flügel gleitet.

[0018] Obwohl in dem Rotationskompressor der vorliegenden Erfindung ein Kühlmittel, das kein Chlor in Molekülen enthält, und Polyalkylenglykol als Schmiermittel oder Polyalfaolefin als Basisöl verwendet werden, kann die Hertz-Belastung verringert werden, während die Gleitkontaktfläche an dem Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel garantiert ist, die Gleitdistanz (ev) wird groß, die Belastung kann verteilt werden, und die Temperatur am Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel kann gesenkt werden, wodurch ein abnormaler Abrieb der Trommel und des Flügels verhindert wird.

[0019] Ferner wird der Abrieb an der äußeren Umfangsfläche der Trommel oder des Flügels durch die kostengünstige Nitrierbehandlung (NV-Nitrieren, Sulfonitrieren, Radialnitrieren) deutlich verringert, ohne eine teure Beschichtungsbehandlung an dem Flügel vorzunehmen, und dadurch wird eine hohe Zuverlässigkeit bereitgestellt.

[0020] Um eine Gleitkontaktfläche an einem Gleitabschnitt eines Flügels und einer Trommel zu garantieren, haben T , R_v , R_r , $E\alpha$, ev vorzugsweise das Verhältnis, das durch die folgenden Ausdrücke (2) bis (4) dargestellt werden kann:

$$T > 2 \cdot R_v \cdot E / (R_v + R_r) \text{ Ausdruck (2)}$$

$$\sin \alpha = E / (R_v + R_r) \text{ Ausdruck (3)}$$

$$ev = R_v \cdot E / (R_v + R_r) \text{ Ausdruck (4)}$$

wobei E die Exzentrizität (cm) des Drehpunkts (**01**) der Drehwelle und des Mittelpunkts der Trommel (**02**) ist, α der Winkel ist, der durch eine gerade Linie (L_1), die den Mittelpunkt (**03**) eines Krümmungsradius (R_v) des Flügels mit dem Trommelmittelpunkt (**02**) verbindet, und eine gerade Linie (L_2), die den Mittelpunkt (**03**) und den Drehpunkt (**01**) verbindet, gebildet wird, und ev die Gleitdistanz zwischen dem Punkt, an dem die gerade Linie (L_1) die äußere Umfangsfläche der Trommel schneidet, und dem Punkt ist, an dem die gerade Linie (L_2) die äußere Umfangsfläche der Trommel schneidet. Die Gleitkontaktfläche an dem Gleitkontaktabschnitt des Flügels in Bezug auf die Trommel ist dadurch garantiert.

[0021] Um eine Gleitkontaktfläche an einem Gleitabschnitt des Flügels und der Trommel unter Berücksichtigung eines elastischen Kontakts während eines stark belasteten Betriebs zu garantieren, haben T , R_v , R_r , E und d vorzugsweise das Verhältnis, das durch den folgenden Ausdruck (8) dargestellt ist:

$$T > [2 \cdot R_v \cdot E / (R_v + R_r)] + d \text{ Ausdruck (8)}$$

wobei T , R_v , R_r und E dieselben Terme wie in den Ausdrücken (1) und (2) bezeichnen, wobei L (cm) die Höhe des Flügels ist, E_1 und E_2 (kgf/cm²) Längselastizitätsmodule des Flügels beziehungsweise der Trommel und ν_1 und ν_2 ein Poisson-Verhältnis des Flügels beziehungsweise der Trommel sind, ΔP (kgf/cm²) ein Auslegungsdruck und p (cm) ein Äquivalentradius ist, der durch den Ausdruck (5) berechnet wird, F_v (kgf) die Presskraft des Flügels ist, die durch den Ausdruck (6) berechnet wird, und d (cm) die Länge einer elastischen Kontaktfläche, die durch den Ausdruck (7) berechnet wird, wobei folgende Terme verwendet werden.

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_r} \text{ Ausdruck (5)}$$

wobei p der Äquivalentradius (cm), R_v der Krümmungsradius (cm) des Flügels und R_r der Krümmungsradius

des äußeren Umfangs der Trommel ist, der mit dem Flügel in Gleitkontakt gelangt.

$F_v = T \cdot L \cdot \Delta P$ Ausdruck (6)

worin F_v die Presskraft (kgf) des Flügels, T die Dicke (cm) des Flügels, L die Höhe (cm) des Flügels ist und ΔP (kgf/cm²) der Auslegungsdruck während des Betriebs ist.

$$d = 4 \sqrt{\left(\frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2} \right) \cdot F_v \cdot \frac{p}{L} \nu} \quad \text{Ausdruck (7)}$$

wobei E_1 der Längselastizitätsmodul (kg/cm²) des Flügels, E_2 der Längselastizitätsmodul (kg/cm²) der Trommel, ν_1 das Poisson-Verhältnis des Flügels, ν_2 das Poisson-Verhältnis der Trommel, L die Höhe (cm) des Flügels, F_v die Presskraft (kgf) des Flügels, die durch Ausdruck (6) berechnet wird, und p der Äquivalentradius (cm) ist, der durch den Ausdruck (5) berechnet wird.

[0022] Die Gleitfläche an dem Gleitkontaktabschnitt des Flügels in Bezug auf die Trommel kann somit sogar während des stark belasteten Betriebs garantiert werden.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Flügel aus einem Material auf Eisenbasis mit einem Längselastizitätsmodul von $1,96 \times 10^5$ bis $2,45 \times 10^5$ N/mm² gebildet.

[0024] Die Belastung kann somit unter Berücksichtigung der elastischen Verformung verringert werden und die Abriebsbeständigkeitskraft des Flügels kann verbessert werden.

[0025] Vorzugsweise wird die äußerste Oberfläche des Flügels einer Nitrierbehandlung unterzogen, durch die eine Compoundschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird und eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten unter der Compoundschicht.

[0026] Aus der vorhergehenden Beschreibung der vorliegenden Erfindung geht hervor, dass die Widerstandskraft gegen Abrieb des Flügels verbessert wird und dass die Belastung unter Berücksichtigung der elastischen Verformung verringert und die Widerstandskraft gegen Abrieb des Flügels verbessert werden kann.

[0027] Die vorliegende Erfindung verringert auch den Abrieb, während ein geringer Energieverbrauch aufrechterhalten wird, so dass die Zuverlässigkeit hoch ist.

[0028] Vorzugsweise wird die Oberfläche des Flügels einer Nitrierbehandlung unterzogen, durch die nur eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird.

[0029] In einer alternativen Ausführungsform wird die äußerste Oberfläche des Flügels einer Nitrierbehandlung unterzogen, durch die eine Compoundschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente unter der Compoundschicht gebildet werden.

[0030] Die äußerste Oberfläche des Flügels kann jedoch einer Nitrierbehandlung unterzogen werden, durch die eine Compoundschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird und eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten unter der Compoundschicht, und die Compoundschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten, die zumindest an den Seitenflächen des Flügels vorgesehen ist, entfernt wird.

[0031] Als Alternative wird die äußerste Oberfläche des Flügels einer Nitrierbehandlung unterzogen, durch die eine Compoundschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente unter der Compoundschicht gebildet wird und die Compoundschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten, die zumindest an den Seitenflächen des Flügels vorgesehen ist, entfernt wird.

[0032] Das Material der Trommel, die mit dem Flügel in Gleitkontakt gelangt, kann aus einem Material auf Eisenbasis mit einem Längselastizitätsmodul von $9,81 \times 10^4$ bis $1,47 \times 10^5$ N/mm² gebildet werden.

[0033] Die kinetische Viskosität des Basisöls ist vorzugsweise 30 bis 120 mm²/s bei 40°C.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0034] [Fig. 1](#) ist ein erklärender Längsschnitt eines Rotationskompressors vom Zweizylindertyp, bei dem die

vorliegende Erfindung angewendet werden kann.

[0035] **Fig. 2** ist eine erklärende Querschnittsansicht, die das Verhältnis zwischen dem Zylinder, der Trommel, dem Flügel und anderen Teilen des in **Fig. 1** dargestellten Kompressors zeigt.

[0036] **Fig. 3** ist eine Ansicht des in **Fig. 2** dargestellten Flügels des Rotationskompressors.

[0037] **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht, die das Verhältnis zwischen der Trommel und dem Flügel des in **Fig. 1** dargestellten Rotationskompressors zeigt.

[0038] **Fig. 5** ist eine Querschnittsansicht, die das Verhältnis zwischen dem Drehpunkt der Drehwelle, dem Trommelmittelpunkt, dem Mittelpunkt des Krümmungsradius des Flügels und anderer des in **Fig. 1** dargestellten Rotationskompressors zeigt, und

[0039] **Fig. 6** ist eine Ansicht die einen Kühlkreislauf des in **Fig. 1** dargestellten Rotationskompressors zeigt.

[0040] Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen zeigt **Fig. 6** ein Beispiel eines Kühlkreislaufes, der Kühlrohre zur seriellen Verbindung eines Rotationskompressors (a) der vorliegenden Erfindung mit einem Kondensator (b), einer Expansionsmaschine (c) und einem Verdampfer (d) verwendet. Der Kompressor verwendet Polyalkylenglykol oder Polyalphaolefin als Basisschmieröl und verdichtet Kohlendioxid als Beispiel für ein Kohlendioxid, das keine Chlormoleküle in Molekülen z.B. eines verdampften Kühlmittels auf HFC-Basis enthält und ein natürliches Kühlmittel ist. Der Kondensator (b) kondensiert und verflüssigt das Kühlmittel, während die Expansionsmaschine (c) den Druck des Kühlmittels senkt und der Verdampfer (d) das verflüssigte Kühlmittel und dergleichen verdampft.

[0041] **Fig. 5** ist eine Querschnittsansicht, die das Verhältnis zwischen der Trommel und dem Flügel des Rotationskompressors gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0042] Unter der Annahme, dass in **Fig. 5** die Exzentrizität des Drehpunkts (01) der Drehwelle 25 und des Trommelmittelpunkts (02) der Trommel 38E in cm gemessen wird, und der Winkel, der durch die gerade Linie (L1), die den Mittelpunkt (03) des Krümmungsradius (Rv) des Flügels 40 mit dem Trommelmittelpunkt (02) verbindet, und die gerade Linie (L2), die den Mittelpunkt (03) und den Drehpunkt (01) der Drehwelle 25 verbindet, α ist, und die Gleitdistanz zwischen einem Punkt, an dem die gerade Linie (L1) die äußere Umfangsfläche 38A der Trommel 38 schneidet, und dem Punkt, an dem die Trommel 38 die äußere Umfangsfläche 38A schneidet, ev ist, kann ev mit dem oben stehenden Ausdruck (4) berechnet werden.

[0043] Wenn der Krümmungsradius (Rv) an dem Gleitkontaktabschnitt des Flügels 40 mit der Trommel 38, die Dicke (T) des Flügels 40, der Krümmungsradius (Rr) des äußeren Umfangs der Trommel 38, der mit dem Flügel 40 in Gleitkontakt gelangt, die Exzentrizität (E), der Längselastizitätsmodul E1 des Flügels 40, der Längselastizitätsmodul E2 der Trommel 38, ein Poisson-Verhältnis ν_1 des Flügels 40, ein Poisson-Verhältnis ν_2 der Trommel 38 und ein Auslegungsdruck ΔP spezifisch eingestellt sind, kann p durch den oben stehenden Ausdruck (5) berechnet werden; die Anpresskraft F_v des Flügels durch Ausdruck (6); die Länge der elastischen Kontaktfläche d durch den Ausdruck (7) und die Hertz-Belastung (Flächenpressung) P_{max} durch den Ausdruck (9).

[0044] Bei einem Rotationskompressor des Zweizylindertyps zum Beispiel mit einem Zylinderinnendurchmesser von 39 mm, einer Höhe von 14 mm, einer Exzentrizität (e) von 2,88 mm und einem Verdrängungsvolumen von $4,6 \text{ cc} \times 2$, zeigt Tabelle 1 die Ergebnisse der Berechnungen für p , F_v , d , ev , $(T-ev-d)/2$, P_{max} oder dergleichen, wenn T, Rr, E1, E2, ν_1 , ν_2 , ΔP die in Tabelle 1 dargestellten Werte haben, und Rv auf 3, 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm und 16,6 mm (gleich Rr) geändert wird.

Dimensionen, Materialangaben

1.	ZYLINDER Höhe H	mm	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
2.	FLÜGEL Dicke T	mm	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
3.	FLÜGEL Nase R	mm	3,20	4,00	5,00	5,50	6,00	8,00	10,00	16,60	16,60	16,60
4.	TROMMEL R	mm	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60	16,60
5.	Exzentrizität E	mm	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880
6.	FLÜGEL Young-Modul E1	kg/cm ²	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06	2,10E+06
7.	TROMMEL Young-Modul E2	kg/cm ²	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06
8.	FLÜGEL Poisson-Verhältnis v1	-	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
9.	TROMMEL Poisson-Verhältnis v2	-	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
10.	Maximale Druckdifferenz (Auslegungsdruck)	kg/cm ²	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ergebnis der Berechnung

1. Flügelpresskraft Fv	kg	44,800	44,800	44,800	44,800	44,800	44,800	44,800	44,800	44,800
2. Äquivalentradius p	cm	0,26828	0,32233	0,38426	0,41312	0,44071	0,53984	0,62406	0,83000	
3. Trommellänge l	cm	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
4. Verformungslänge d	cm	0,00742	0,00814	0,00889	0,00921	0,00952	0,01053	0,01132	0,01306	
5. Gleitdistanz Ev	mm	0,93091	1,11845	1,33333	1,43348	1,52920	1,87317	2,16541	2,88000	
[Ev/T]		29,1%	35,0%	41,7%	44,8%	47,8%	58,5%	67,7%	90,0%	
(T-Ev-d)/2	mm	1,13417	1,04037	0,93289	0,88280	0,83492	0,66289	0,51673	0,15935	
6. Pmax	kg/mm ²	54,88	50,07	45,86	44,23	42,82	38,69	35,98	31,20	
		100%	91%	84%	81%	78%	70%	66%	57%	

[0045] Unter der Annahme, dass die Hertz-Belastung 100% ist, wenn $T = R_v$, basierend auf Tabelle 1, verringert sich die Hertz-Belastung mit zunehmendem R_v , aber e_v (die Gleitdistanz) wird größer. Wenn $R_v = 10$ mm, wird die Hertz-Belastung P_{max} 66% und e_v ist etwa das 2,3-Fache. Wenn jedoch $R_v 16,6$ mm = R_r ist, erhält

man $(T - ev - d)/2 = 0,16$, obwohl die Hertz-Belastung 57% wird, und es ist klar, dass es schwierig ist zu garantieren, dass sich die Gleitkontaktfläche am Gleitabschnitt des Flügels und der Trommel befindet.

[0046] Aus dem zuvor beschriebenen Ergebnis geht hervor, dass die Gleitfläche am Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel garantiert werden kann, während die Hertz-Belastung verringert wird, wenn R_v in einen Bereich von $T < R_v < R_r$ fällt, der durch den Ausdruck (1) dargestellt ist, die Gleitdistanz (ev) größer wird, die Belastung verteilt wird und die Temperatur am Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel gesenkt wird, wodurch ein abnormaler Abrieb der Trommel und des Flügels verhindert wird.

[0047] Die kostengünstige Nitrierbehandlung (NV-Nitrieren, Sulfonitrieren, Radicalnitrieren) verringert den Abrieb der äußeren Umfangsfläche der Trommel oder des Flügels zufriedenstellend, ohne eine teure Beschichtungsbehandlung an dem Flügel vornehmen zu müssen, wodurch der äußerst zuverlässige Rotationskompressor bereitgestellt wird.

[0048] Wenn T in einen Bereich $T > 2 \cdot R_v \cdot E / (R_v + R_r)$ fällt, der durch den Ausdruck (2) dargestellt ist, kann die Gleitfläche am Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel sicher garantiert werden.

[0049] Wenn T in einen Bereich $T > [2 \cdot R_v \cdot E / (R_v + R_r)] + d$ fällt, der durch den Ausdruck (8) dargestellt ist, kann die Gleitfläche am Gleitkontaktabschnitt des Flügels und der Trommel selbst während eines stark belasteten Betriebs sicher garantiert werden.

[0050] Der Flügel besteht aus einem Material auf Eisenbasis mit einem Längselastizitätsmodul von $1,96 \times 10^5$ bis $2,45 \times 10^5$ N/mm². Wenn der Längselastizitätsmodul jedoch zu klein ist, ist die Abriebsbeständigkeitskraft des Flügels unzureichend. Wenn er zu groß ist, kann die elastische Verformung nicht vorausgesetzt, die Belastung nicht verringert und die Abriebbeständigkeitskraft nicht erhalten werden.

[0051] Die Japanische Patentauslegeschrift Nr. 141269/1998, die Japanische Patentauslegeschrift Nr. 217665/1999, die Japanische Patentauslegeschrift Nr. 73918/1993 und andere offenbaren, dass der Flügel, dessen Oberfläche einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch die nur eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird, der Flügel, dessen äußerste Oberfläche einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch die eine Kompositionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird und eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten unter der Kompositionsschicht gebildet wird, oder der Flügel, dessen äußerste Oberfläche einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch die eine Kompositionsschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten gebildet wird und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente gebildet wird, und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente unter der Kompositionsschicht gebildet wird, für die Abriebbeständigkeitskraft des Flügels effektiv ist. Die Abriebbeständigkeitskraft ist jedoch bei dem HFC-Kühlmittel nicht ausreichend.

[0052] Als Gegenmaßnahme kann in der vorliegenden Erfindung der Krümmungsradius (R_v) des Flügels an dem Gleitkontaktabschnitt zwischen dem Flügel und der Trommel unter Verwendung der Ausdrücke (1) bis (8) berechnet werden, und die zuvor beschriebene Behandlung wird ebenso an dem Flügel durchgeführt, der eine Form mit einem solchen Krümmungsradius (R_v) aufweist, wodurch die höhere Abriebbeständigkeitskraft erhalten wird.

[0053] Ferner kann ein Flügel, dessen äußerste Oberfläche einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch die eine Kompositionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird und eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten unter der Kompositionsschicht gebildet wird, und von dem die Kompositionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten, die zumindest an Seitenflächen des Flügels bereitgestellt ist, entfernt wird, oder der Flügel, dessen äußerste Oberfläche einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch die eine Kompositionsschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten gebildet wird und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente unter der Kompositionsschicht gebildet wird, und von dem die Kompositionsschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten, die zumindest an Seitenflächen des Flügels bereitgestellt ist, entfernt wird, einer Änderung in Dimensionen standhalten, die durch eine Änderung in der Kristallstruktur durch die Behandlung hervorgerufen wird. Selbst wenn die Kompositionsschicht zum Beispiel zur Neueinstellung der Dimensionen durch Schleifen entfernt wird, kann noch immer die hohe Abriebbeständigkeitskraft erhalten werden.

Patentansprüche

1. Rotationskompressor (1), der in Serie an einen Kompressor (30), einen Kondensator, eine Expansionsmaschine und einen Verdampfer angeschlossen ist, wobei der Kompressor Kohlendioxid als Kühlmittel und

Polyalkylenglykol oder Polyalphaolefin als Schmiermittel oder Mineralöl als Basisöl verwendet, wobei der Rotationskompressor (1) einen Zylinder (32) mit einem Einlass (23) und einem Auslass (35) umfasst sowie eine Drehwelle (25) mit einem Kurbelabschnitt (26) coaxial mit dem Zylinder (32), eine Trommel (38), die zwischen dem Kurbelabschnitt (26) und dem Zylinder (32) vorgesehen ist und exzentrisch dreht, einen Flügel (40), der sich in einer Nut hin- und herbewegt, die in dem Zylinder (32) vorgesehen ist, und mit einer äußeren Umfangsfläche (38A) der Trommel (38) in Gleitkontakt gelangt, wobei ein Krümmungsradius (Rv) (cm) des Flügels (40) an einem Gleitkontaktabschnitt (40A) in Bezug auf die Trommel (38) durch den folgenden Ausdruck dargestellt werden kann:

$$T < R_v < R_r \quad \text{Ausdruck (1)}$$

wobei T die Dicke (cm) des Flügels (40) ist und Rr der Krümmungsradius des äußeren Umfangs der Trommel (38), der mit dem Flügel (40) in Gleitkontakt gelangt.

2. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 1, wobei zur Gewährleistung einer Gleitkontaktfläche (40A) des Flügels (40) an dem Gleitkontaktabschnitt in Bezug auf die Trommel (38) T, Rv, Rr, E α , ev vorzugsweise das Verhältnis haben, das durch die folgenden Ausdrücke (2) bis (4) dargestellt ist:

$$T > 2 \cdot R_v \cdot E / (R_v + R_r) \quad \text{Ausdruck (2)}$$

$$\sin \alpha = E / (R_v + R_r) \quad \text{Ausdruck (3)}$$

$$ev = R_v \cdot E / (R_v + R_r) \quad \text{Ausdruck (4)}$$

wobei E die Exzentrizität (cm) des Drehpunkts (01) der Drehwelle (25) und des Trommelmittelpunkts (02) ist, α der Winkel ist, der durch die gerade Linie (L1), die den Mittelpunkt (03) des Krümmungsradius (Rv) des Flügels (40) mit dem Trommelmittelpunkt (02) verbindet, und die gerade Linie (L2), die den Mittelpunkt (03) und den Drehpunkt (01) verbindet, gebildet wird, und ev die Gleitdistanz zwischen dem Punkt ist, an dem die gerade Linie (L1) die äußere Umfangsfläche (38A) der Trommel (38) schneidet, und dem Punkt, an dem die gerade Linie (L2) die äußere Umfangsfläche (38R) der Trommel (38) schneidet.

3. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 1, wobei zur Gewährleistung der Gleitkontaktfläche (40A) an dem Gleitkontaktabschnitt zwischen dem Flügel (40) und der Trommel (38) T, Rv, Rr, E und d das Verhältnis haben, das durch den folgenden Ausdruck (8) dargestellt ist:

$$T > [2 \cdot R_v \cdot E / (R_v + R_r)] + d \quad \text{Ausdruck (8)}$$

wobei T, Rv, Rr und E dieselben Terme wie in den Ausdrücken (1) und (2) darstellen, wobei L (cm) die Höhe des Flügels (40) ist, E1 und E2 (kgf/cm²) Längselastizitätsmodule des Flügels (40) beziehungsweise der Trommel (38) sind, ν_1 und ν_2 das Poisson-Verhältnis des Flügels (40) beziehungsweise der Trommel (38) sind, ΔP (kgf/cm²) der Auslegungsdruck ist, p der Äquivalentradius (cm) ist, der durch den Ausdruck (5) berechnet wird, Fv (kgf) die Presskraft des Flügels (40) ist, die durch den Ausdruck (6) berechnet wird, und d (cm) die Länge einer elastischen Kontaktfläche ist, die durch den Ausdruck (7) berechnet wird, wobei folgende Terme verwendet werden

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R_r} \quad \text{Ausdruck (5)}$$

wobei p der Äquivalentradius (cm), Rv der Krümmungsradius (cm) des Flügels (40), und Rr der Krümmungsradius (cm) des äußeren Umfangs (38A) der Trommel (38) ist, der mit dem Flügel (40) in Gleitkontakt gelangt,

$$F_v = T \cdot L \cdot \Delta P \quad \text{Ausdruck (6)}$$

wobei Fv die Anpresskraft (kgf) des Flügels (40), T die Dicke (cm) des Flügels (40), L die Höhe (cm) des Flügels (40) und ΔP der Auslegungsdruck (kgf/cm²) während des Betriebs ist,

$$d = 4 \sqrt{\left(\frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2} \right)} \cdot F_v \cdot \frac{p}{L} \quad \text{Ausdruck (7)}$$

wobei E1 der Längselastizitätsmodul (kg/cm²) des Flügels (40) ist, E2 der Längselastizitätsmodul (kg/cm²) der

Trommel (38), ν_1 das Poisson-Verhältnis des Flügels (40), ν_2 das Poisson-Verhältnis der Trommel (38), L eine Höhe (cm) des Flügels (40), F_v die Anpresskraft (kgf) des Flügels (40), die durch den Ausdruck (6) berechnet wird, und p der Äquivalentradius (cm) ist, der durch den Ausdruck (5) berechnet wird.

4. Rotationskompressor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Flügel (40) aus einem Material auf Eisenbasis mit einem Längselastizitätsmodul von $1,96 \times 10^5$ bis $2,45 \times 10^5$ N/mm² gebildet ist.

5. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 4, wobei eine äußerste Oberfläche des Flügels (40) einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch welche eine Compoundsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten und eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten unter der Compoundsschicht gebildet wird.

6. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 4, wobei eine Oberfläche des Flügels (40) einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch welche nur eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten gebildet wird.

7. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 4, wobei eine äußerste Oberfläche des Flügels (40) einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch welche eine Compoundsschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente unter der Compoundsschicht gebildet wird.

8. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 5, wobei eine äußerste Oberfläche des Flügels (40) einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch welche eine Compoundsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten und eine Diffusionsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten unter der Compoundsschicht und die Compoundsschicht mit Fe und N als Hauptkomponenten, die zumindest an den Seitenflächen des Flügels (40) vorgesehen ist, entfernt wird.

9. Rotationskompressor (1) nach Anspruch 7, wobei eine äußerste Oberfläche des Flügels (40) einer Nitrierbehandlung unterzogen wird, durch welche eine Compoundsschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten und eine Diffusionsschicht mit Fe-N als Hauptkomponente unter der Compoundsschicht gebildet wird, und die Compoundsschicht mit Fe und S als Hauptkomponenten, die zumindest an den Seitenflächen des Flügels vorgesehen ist, entfernt wird.

10. Rotationskompressor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Trommel (38), die mit dem Flügel (40) in Gleitkontakt gelangt, aus einem Material auf Eisenbasis mit einem Längselastizitätsmodul von $9,81 \times 10^4$ bis $1,47 \times 10^5$ N/mm² gebildet ist.

11. Rotationskompressor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die kinetische Viskosität des Basisöls 30 bis 120 mm²/s bei 40°C ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG.1

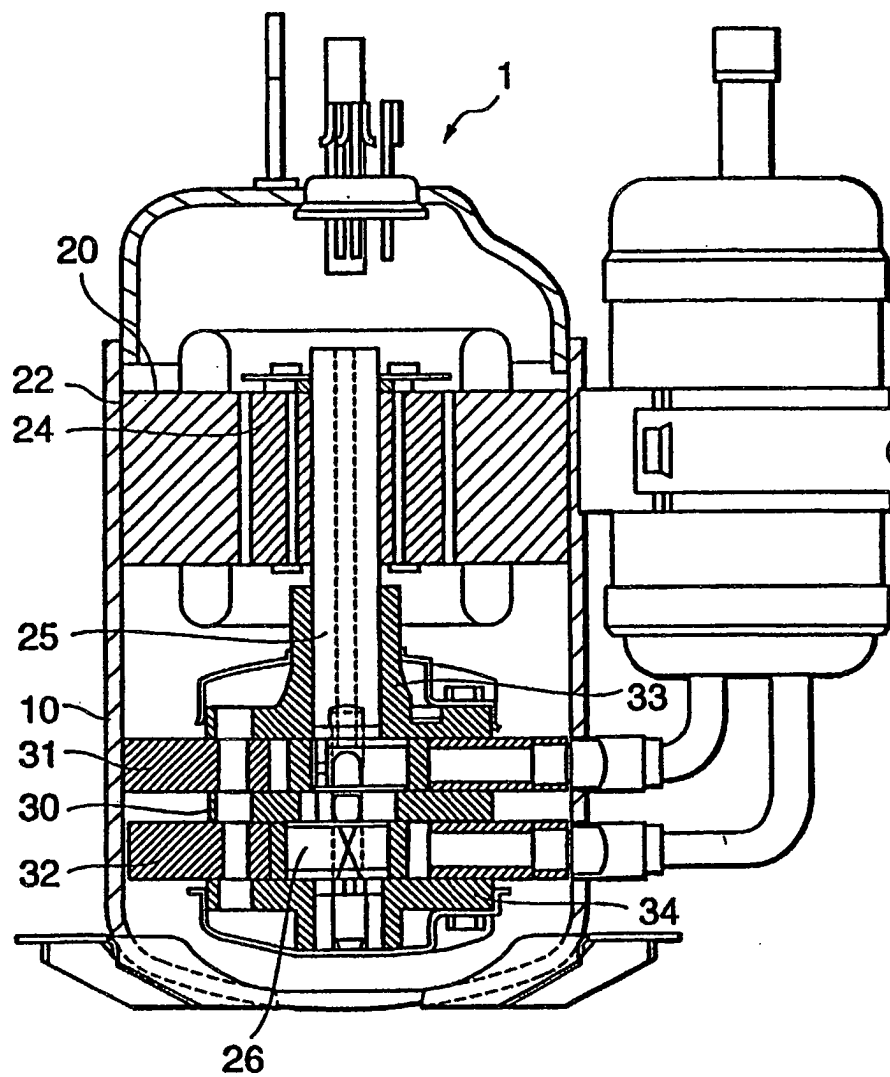


FIG.2

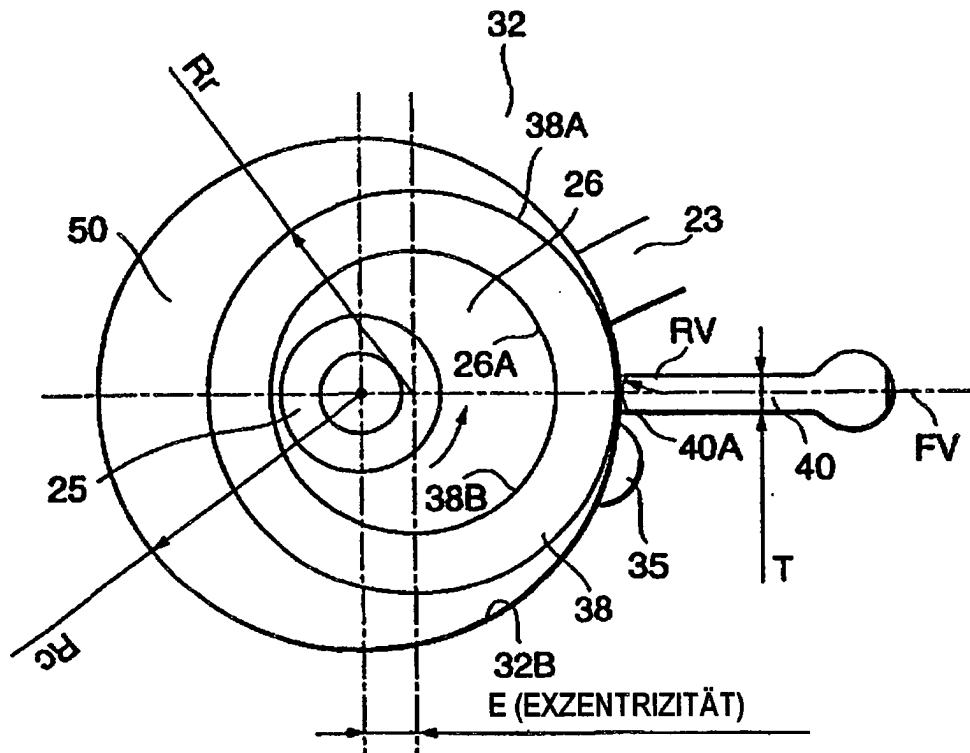


FIG.3

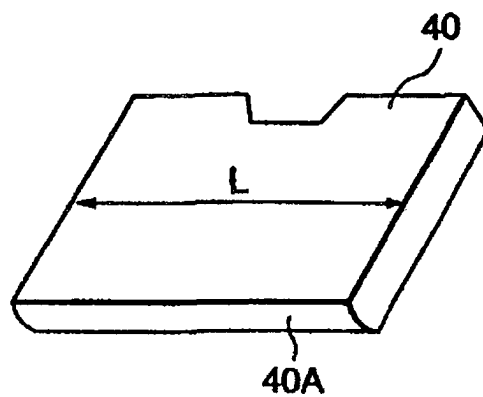


FIG.4

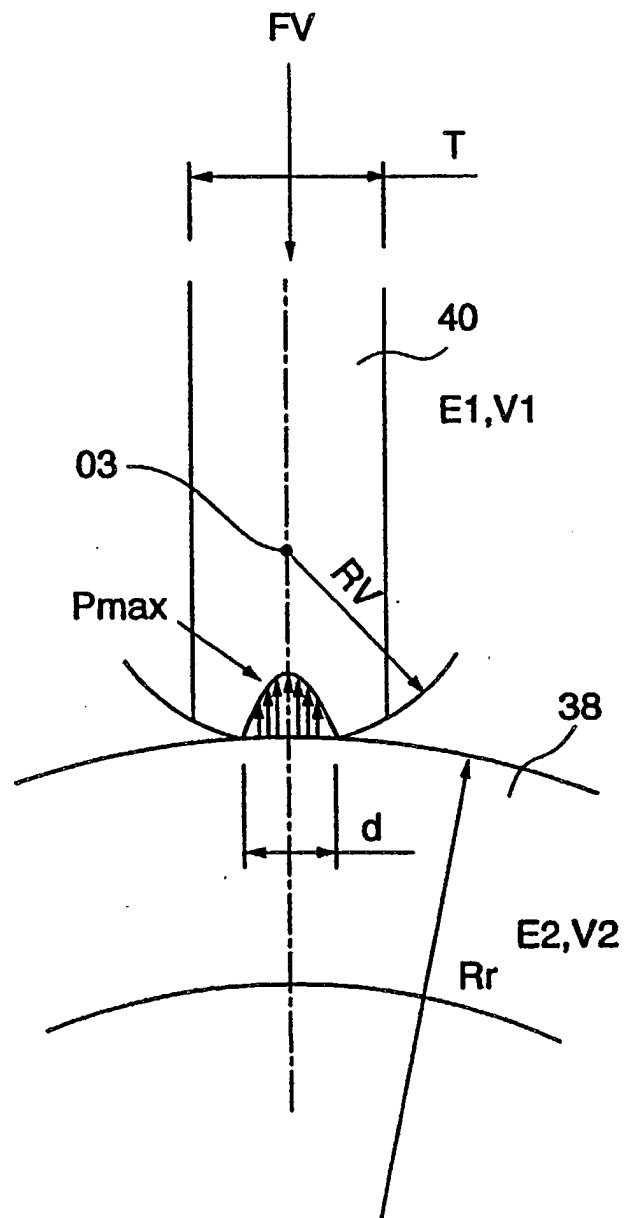


FIG.5

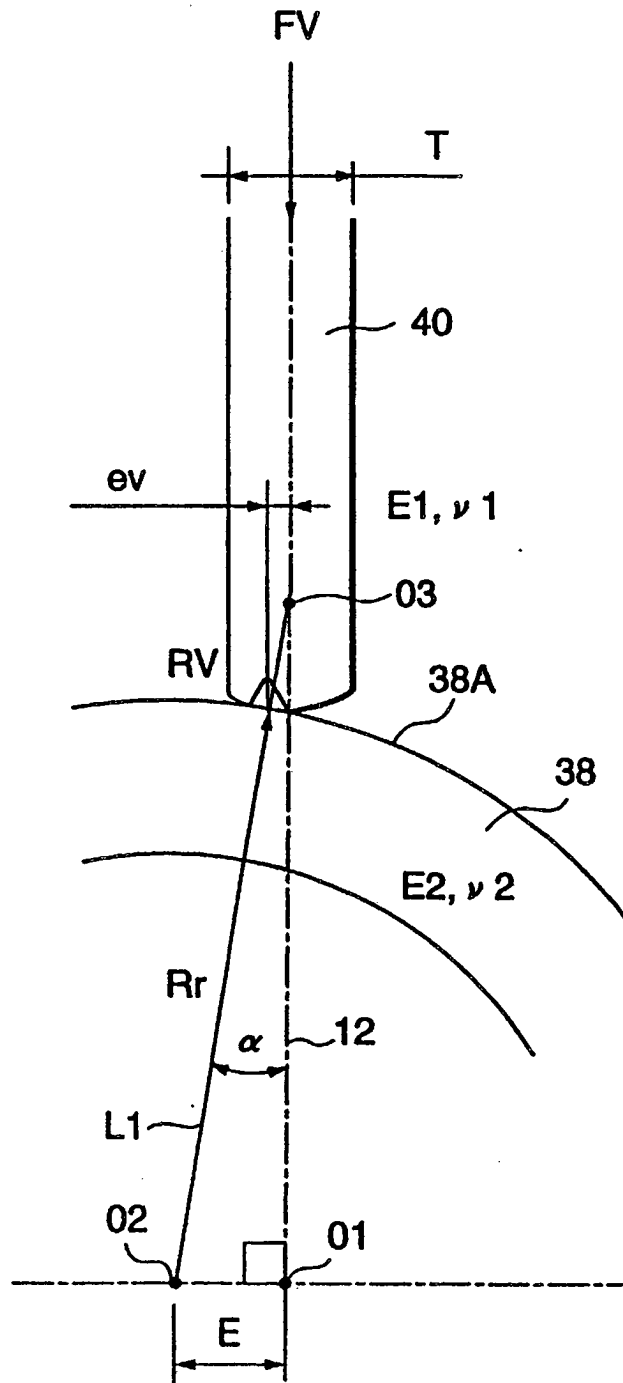


FIG.6

