

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-155643

(P2005-155643A)

(43) 公開日 平成17年6月16日(2005.6.16)

(51) Int. Cl.⁷

F04C 18/356

F I

F04C 18/356

N

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-59812 (P2005-59812)
 (22) 出願日 平成17年3月4日 (2005.3.4)
 (62) 分割の表示 特願2001-37122 (P2001-37122)
 の分割
 原出願日 平成13年2月14日 (2001.2.14)

(71) 出願人 000001889
 三洋電機株式会社
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
 (74) 代理人 100111383
 弁理士 芝野 正雅
 (72) 発明者 松本 兼三
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内
 (72) 発明者 須永 高史
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内
 (72) 発明者 松浦 大
 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
 洋電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転圧縮機

(57) 【要約】

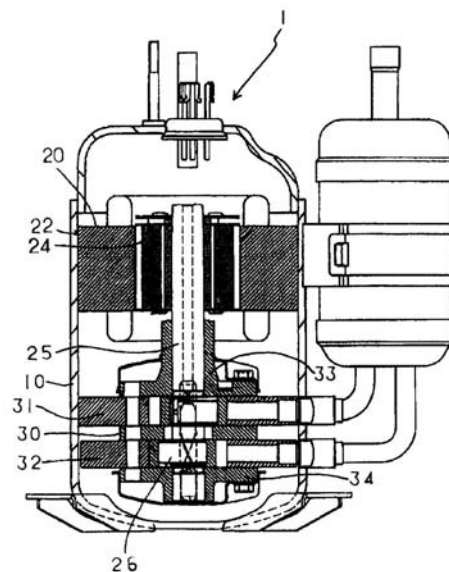
【課題】 冷媒に自然冷媒としての二酸化炭素を用いた圧縮機に潤滑油としてポリアルキレングリコール、またはポリアルファーオレフィンを基油として用いローラとベーンの異常な摩耗を防止し、信頼性の高い回転圧縮機を提供する。

【解決手段】 炭酸ガスを冷媒として用い、潤滑油としてはポリアルキレングリコール(正式名称とすること)、又は、ポリアルファーオレフィン(正式名称とすること)、若しくは、鉱油を基油として用いた回転圧縮機において、ベーンのローラとの摺接部における曲率半径(R_v)(cm)が次式(1)で表されるようなベーンを用いる。

$$T < R_v < R_r \quad \text{式(1)}$$

[但し、式(1)中、Tはベーンの厚さ(cm)、R_rはベーンと摺接するローラの外周曲率半径(cm)を表す。]

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自然冷媒を用い、潤滑油の動粘度が 40 で $30 \sim 120 \text{ mm}^2 / \text{s}$ の基油を用いた回転圧縮機において、

吸入口と吐出口を有するシリンダと、シリンダの軸線上に配設されるクランク部を有する回転軸と、クランク部とシリンダの間に配設されて偏心回転するローラと、シリンダに設けられる溝内を往復動してローラの外周面に摺接するベーンを有し、ベーンのローラとの摺接部における曲率半径 (R_v) (cm) が次式 (1) で表されることを特徴とする回転圧縮機。

$$T < R_v < R_r \quad \text{式 (1)}$$

10

[但し、式 (1) 中、 T はベーンの厚さ (cm)、 R_r はベーンと摺接するローラの外周曲率半径 (cm) を表す。]

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自然冷媒を用いた回転圧縮機に関するものであり、さらに詳しくはローラとベーンの異常な摩耗を防止し、信頼性の高い回転圧縮機を提供するに好適な、ローラとベーンの構成に関するものである。

【背景技術】

【0002】

20

冷蔵庫、自動販売機及びショーケース用の圧縮機や家庭用・業務用エアコン使用される圧縮機は従来冷媒としてジクロロジフルオロメタン ($R12$) やモノクロロジフルオロメタン ($R22$) を多く使用していた。この $R12$ や $R22$ は、オゾン破壊の潜在性により、大気中に放出されて地球上空のオゾン層に到達すると、このオゾン層を破壊する問題からフロン規制の対象となっている。このオゾン層の破壊は冷媒中の塩素基 (Cl) により引き起こされる。そこで、この塩素基を含有しない冷媒、例えば $R32$ 、 $R125$ や $R134a$ などの HFC 系冷媒、あるいはプロパン、ブタンなどの炭化水素系冷媒、炭酸ガス、アンモニアなどの自然冷媒が代替冷媒として考えられている。

【0003】

30

図 1 は本発明を適用する 2 シリンダ方式の回転圧縮機の断面構造を示すものであり、図 2 はシリンダ、ローラ、ベーンなどの関係を示す断面説明図であり、図 3 はベーンの説明図であり、全体を符号 1 で示す回転圧縮機は、円筒状の密閉容器 10 と、密閉容器 10 内に収容された電動機 20 及び圧縮装置 30 を備える。電動機 20 は、密閉容器 10 の内壁部に固定されたステータ 22 とロータ 24 を有し、ロータ 24 の中心にとりつけられた回転軸 25 は、シリンダ 31、32 の開口部を閉鎖する 2 枚のプレート 33、34 に回転自在に軸支される。回転軸 25 の一部には偏心して設けられるクランク部 26 が形成される。2 枚のプレート 33、34 の内部に、シリンダ 31、32 が配設される。このシリンダ 31、32 (以下、シリンダ 32 について述べる) は、回転軸 25 の軸線と同一の軸線を有する。このシリンダ 32 の周壁部には、冷媒の吸入口 23 と吐出口 35 が設けてある。

【0004】

40

シリンダ 32 内にはリング状のローラ 38 が装備され、このローラ 38 は、その内周面 38B がクランク部 26 の外周面 26A に接触し、ローラ 38 の外周面 38A はシリンダ 32 の内周面 32B に接触する。シリンダ 32 には、ベーン 40 が摺動自在に設けられ、ベーン 40 の先端はローラ 38 の外周面 38A に接触する。ベーン 40 をローラ 38 に向けて付勢し、また、ベーン 40 の背面に圧縮された冷媒を導入することによりベーン先端とローラ 38 とのシールを確実にする。このベーン 40 と、ローラ 38 と、シリンダ 32 と、シリンダ 32 を閉塞するプレート 34 などに囲まれて圧縮室 50 が形成される。該回転圧縮機 1 には、例えば潤滑油としてポリオールエステル、または、ポリビニルエーテル等が基油として使用されている。

【0005】

50

そこで、回転軸 25 が図 2 で反時計廻り方向に回転すると、ローラ 38 もシリンダ 32 内で偏心回転し、吸入口 23 から吸込まれた冷媒ガスは圧縮され、吐出口 35 から吐出される。この吸込み - 圧縮 - 吐出行程において、ローラ 38 とベーン 40 の接触部に、押付力 F_v が発生する。

【0006】

従来は、このベーン 40 の先端のローラ 38 の外周面 38A との接触面 40A を曲率半径 R_v を有する円弧状に形成していた。この曲率半径 R_v は、ベーン 40 の幅寸法 T とほぼ等しい値を有し、ローラ 38 の半径寸法に対して $1/10 \sim 1/3$ 程度のものではあった。そして、ローラ 38 の材料として、鋳鉄あるいは合金鋳鉄に焼き入れを施したものの、ベーン 40 の材料にはステンレス鋼あるいは工具鋼またはそれらに窒化処理等の表面処理を施したものが主に用いられ、特にベーン材に高い硬度と靱性を持たせるのが一般的であった。(特許文献 1、特許文献 2 参照)

10

【特許文献 1】特開平 10 - 141269 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 217665 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ローラ 38 とベーン 40 の接触状態は、図 4 に示すように、異なる曲率を有する円筒同志の接触問題に置き換えることができる。このような状態では、ベーン 40 の押付力 F_v により、ローラ 38 とベーン 40 の 2 つの弾性体が押し付けられると、一般にそれらは点や線接触ではなく面接触をし、その時の弾性接触面長さ d は前記式 (7) で計算され、そして接触部に、次式 (9) で表わされるヘルツ応力 P_{max} (kgf/cm^2) が発生する(ヘルツの弾性接触理論)。

20

【0008】

$$P_{max} = 4 / \sqrt{\dots} \cdot F_v / L / d \quad \text{式 (9)}$$

(式 (9) 中の F_v 、 L 、 d は式 (6)、式 (7) のものと同じである)

このように面接触をし、ヘルツ応力が増大すると、分子中に塩素を含まない冷媒を用い、潤滑油としてポリオールエステル、またはポリビニルエーテルを基油として用いた回転圧縮機のベーンは、耐磨耗性の向上のため窒化処理や CrN のイオンコーティングなどの表面処理が行われているが、窒化処理はその耐力が十分でなく、また、CrN のイオンコーティングは、コーティング層の剥離の危険性があるととも生産コスト高になるなどの欠点があった。

30

【0009】

本発明は、係る従来技術の課題を解決するために成されたものであり、冷媒に自然冷媒を用いた圧縮機において、ローラとベーンの異常な摩耗を防止し、信頼性の高い回転圧縮機を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

課題を解決するために鋭意研究した結果、従来はベーンの先端のローラの外周面との接触面の曲率半径をベーンの幅寸法とほぼ等しい値としていたのを改め、特に、代替冷媒として自然冷媒である二酸化炭素を用いた回転圧縮機においてはベーンとローラとの摺接部における摺接面を確保する範囲において曲率半径をベーンの幅寸法より大きくすると共に潤滑油としてポリアルキレングリコール、又は、ポリアルファーオレフィン、若しくは、鉱油を基油として用いることにより、ヘルツ応力を低減させられると共に摺動距離が大きくなって応力が分散しベーンとローラとの摺接部における温度を低下させられるので、ベーンに高価なコーティング処理を行わず、安価な窒化処理(NV窒化、浸硫窒化、ラジカル窒化)でも十分にローラの外周面やベーンの摩耗を軽減させる効果があり、ローラとベーンの異常な摩耗を防止し、信頼性の高いロータリ圧縮機を提供できることを見だし本発明を成すに至った。

40

【0011】

50

課題を解決するための本発明の請求項1の発明の回転圧縮機は、圧縮機、凝縮器、膨張装置、蒸発器などを順次配管で接続してなる冷凍回路を備え、自然冷媒を用い、潤滑油としては、動粘度が40で30~120mm²/sの基油を用いたものであって、吸入口と吐出口を有するシリンダと、シリンダの軸線上に配設されるクランク部を有する回転軸と、クランク部とシリンダの間に配設されて偏心回転するローラと、シリンダに設けられる溝内を往復動してローラの外周面に摺接するペーンを有し、ペーンのローラとの摺接部における曲率半径(Rv)(cm)が次式(1)で表されることを特徴とする。

【0012】

$$T < Rv < Rr \quad \text{式(1)}$$

[但し、式(1)中、Tはペーンの厚さ(cm)、Rrはペーンと摺接するローラの外周曲率半径(cm)を表す。]

また、ペーンのローラとの摺接部における摺接面を確保するため、回転軸の回転中心(O1)とローラ中心(O2)の偏心量(cm)をEとし、ペーンの曲率半径(Rv)の中心(O3)とローラ中心(O2)とを結ぶ直線(L1)が中心(O3)と回転中心(O1)とを結ぶ直線(L2)となす角度を θ とし、直線(L1)がローラの外周面に交わる点と直線(L2)がローラの外周面に交わる点との間の摺動距離をevとした時、T、Rv、Rr、E、 θ 、evが次式(2)~(4)で表される関係にあっても良い。

【0013】

$$T > 2 \cdot Rv \cdot E / (Rv + Rr) \quad \text{式(2)}$$

$$\sin \theta = E / (Rv + Rr) \quad \text{式(3)}$$

$$ev = Rv \cdot E / (Rv + Rr) \quad \text{式(4)}$$

また、高負荷運転時の弾性接触を考慮し、ペーンのローラとの摺接部における摺接面を確保するため、ペーンの高さをL(cm)とし、ペーンとローラの縦弾性係数をそれぞれE1、E2(kgf/cm²)とし、ペーンとローラのポアソン比をそれぞれ ν_1 、 ν_2 とし、設計圧力をP(kgf/cm²)とし、式(5)で計算される等価半径(cm)を ρ とし、式(6)で計算されるペーンの押付力をFv(kgf)とし、これらを用いて式(7)で計算される弾性接触面長さをd(cm)とした時、T、Rv、Rr、E、dが次式(8)で表される関係にあっても良い。

【0014】

$$T > [2 \cdot Rv \cdot E / (Rv + Rr)] + d \quad \text{式(8)}$$

[但し、式(8)中、T、Rv、Rr、Eは式(1)、式(2)と同じものを表す。]

【0015】

【数1】

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{Rv} + \frac{1}{Rr} \quad \dots\dots \text{式(5)}$$

[但し、 ρ は等価半径(cm)、Rvはペーンの曲率半径(cm)、Rrはペーンと摺接するローラの外周曲率半径(cm)を示す]

【0016】

【数2】

$$Fv = T \cdot L \cdot \Delta P \quad \dots\dots \text{式(6)}$$

[但し、Fvはペーンを押付力(kgf)、Tはペーンの厚さ(cm)、Lはペーンの高さ(cm)、 ΔP は運転時の設計圧力(kgf/cm²)を示す。]

【0017】

10

20

30

40

【数 3】

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

[但し、E1はベーンの縦弾性係数(kg/cm²)、E2はローラの縦弾性係数(kg/cm²)、ν₁はベーンのポアソン比、ν₂はローラのポアソン比、Lはベーンの高さ(cm)、Fνは式(6)で計算されるベーンを押付力(kgf)、ρは式(5)で計算される等価半径(cm)を示す。]

また、ベーンが縦弾性係数 $1.96 \times 10^5 \sim 2.45 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ の鉄系材料で形成されている。

10

【0018】

また、ベーン的最表面にFeとNを主成分の化合物層を形成させ、その下にFeとNを主成分とする拡散層を形成させた窒化処理により処理しても良い。

【0019】

また、ベーンの表面がFeとNを主成分とする拡散層のみを形成してなる窒化処理により処理しても良い。

【0020】

また、ベーン的最表面にFeとSを主体とした化合物層を形成させ、その下にFe-Nを主体とした拡散層を形成させる窒化処理により処理しても良い。

【0021】

また、ベーン的最表面にFeとNを主成分の化合物層を形成させ、その下にFeとNを主成分とする拡散層を形成する窒化処理を行ない、ベーンのすくなくとも側面のFeとNを主成分とする化合物層を除去しても良い。

20

【0022】

また、窒化処理により、ベーン的最表面にFeとSを主体とした化合物層を形成させ、その下にFe-Nを主体とした拡散層を形成する窒化処理を行ない、ベーンのすくなくとも側面のFeとSを主成分とする化合物層を除去しても良い。

【0023】

また、ベーンと摺接するローラの材質は、縦弾性係数 $9.81 \times 10^4 \sim 1.47 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ の鉄系材料で形成されている。

30

【発明の効果】

【0024】

本発明の回転圧縮機は、自然冷媒を用いても、ベーンとローラとの摺接部における摺接面を確保しつつヘルツ応力を減少でき、摺動距離(eν)が大きくなって応力が分散しベーンとローラとの摺接部における温度が低下し、ローラとベーンの異常な摩耗を防止できる。

【0025】

本発明の回転圧縮機は、ベーンに高価なコーティング処理を行わず、安価な窒化処理(NV窒化、浸硫窒化、ラジカル窒化)でも十分にローラの外周面やベーンの摩耗を軽減させる効果があり、信頼性が高い。

40

【0026】

また、動粘度が40で30~120mm²/sの基油を用いた事により、低消費電力を維持しつつ摩耗を軽減させる効果があり、信頼性が高い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下本発明を詳細に説明する。

【0028】

図6に、ポリアルキレングリコール、またはポリアルファーオレフィン潤滑油基油として用い、蒸発気化したHFC系冷媒などの分子中に塩素分子を含まない例えば自然冷媒である炭酸ガス、即ち二酸化炭素を圧縮する本発明の回転圧縮機a、同冷媒を凝縮液化す

50

る凝縮器 b、同冷媒の圧力を減じる膨張装置 c、液化冷媒を蒸発させる蒸発器 dなどを順次冷媒管でつないで形成した冷凍回路の例を示す。

【0029】

図5は本発明の回転圧縮機のローラとベーンの関係を示す断面説明図である。

【0030】

図5において、回転軸25の回転中心(O1)とローラ38のローラ中心(O2)の偏心量(c m)をEとし、ベーン40の曲率半径(R v)の中心(O3)とローラ中心(O2)とを結ぶ直線(L1)が中心(O3)と回転軸25の回転中心(O1)とを結ぶ直線(L2)となす角度を θ とし、直線(L1)がローラ38の外周面38Aに交わる点と直線(L2)がローラ38の外周面38Aに交わる点との間の摺動距離をe vとした時、e vは前記式(4)で計算される。

10

【0031】

ベーン40のローラ38との摺接部における曲率半径(R v)、ベーン40の厚さ(T)、ベーン40と摺接するローラ38の外周曲率半径(R r)、偏心量(E)、ベーン40とローラ38の縦弾性係数をそれぞれE1、E2、ベーン40とローラ38のポアソン比をそれぞれ ν_1 、 ν_2 、設計圧力Pを具体的に設定すると、

は前記式(5)で、ベーンの押付力F vは前記式(6)で、弾性接触面長さdは前記式(7)で、ヘルツ応力P maxは前記式(9)で計算される。

【0032】

例えば、シリンダ内径39 mm×高さ14 mm、偏心量(E)2.88 mm、排除容積4.6 cc×2の2シリンダ方式の回転圧縮機について、T、R r、E1、E2、 ν_1 、 ν_2 、Pを表1に示した値とし、R vを3.2 mm、4 mm、6 mm、8 mm、10 mm、16.6 mm(R rと同じ)と変化させた場合の、F v、d、e v、 $(T - e v - d) / 2$ 、P maxなどの計算結果を表1に示す。

20

【0033】

ーンとローラとの摺接部における摺接面を確保しつつヘルツ応力を減少でき、摺動距離 ($e v$) が大きくなって応力が分散しベーンとローラとの摺接部における温度が低下し、ローラとベーンの異常な摩耗を防止できることが判る。ベーンに高価なコーティング処理を行わず、安価な窒化処理 ($N V$ 窒化、浸硫窒化、ラジカル窒化) でも十分にローラの外周面やベーンの摩耗を軽減させる効果があり、信頼性の高いロータリ圧縮機を提供できる。

【 0 0 3 5 】

T が前記式 (2) で表される $T > 2 \cdot R v \cdot E / (R v + R r)$ の範囲にあると、ベーンのローラとの摺接部における摺接面を安全に確保できる。

【 0 0 3 6 】

T が前記式 (8) で表される $T > [2 \cdot R v \cdot E / (R v + R r)] + d$ の範囲にあると、高負荷運転時であっても、ベーンのローラとの摺接部における摺接面を安全に確保できる。

【 0 0 3 7 】

ベーンを縦弾性係数 $1.96 \times 10^5 \sim 2.45 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ の鉄系材料で形成するが、弾性係数が小さすぎるとベーンの摩耗耐力が不足であり、大きすぎると弾性変形を期待できず、応力低減が図れず耐摩耗耐力が得られない。

【 0 0 3 8 】

ベーンの表面が $F e$ と N を主成分とする拡散層のみを形成してなる窒化処理により処理されていたり、ベーンの最表面に $F e$ と N を主成分の化合物層を形成させ、その下に $F e$ と N を主成分とする拡散層を形成させた窒化処理により処理されていたり、ベーンの最表面に $F e$ と S を主体とした化合物層を形成させ、その下に $F e - N$ を主体とした拡散層を形成させる窒化処理により処理されているようなベーンが、ベーンの摩耗耐力に有効であることが、特開平 10 - 141269 号公報、特開平 11 - 217665 号公報、特開平 5 - 73918 号公報などに開示されている。しかし、 $H F C$ 冷媒下では、その摩耗耐力が十分ではない。

【 0 0 3 9 】

そこで本発明においては、ベーンとローラとの摺動部におけるベーンの曲率半径 ($R v$) を前記式 (1) ~ (8) により計算されるものとし、そのような曲率半径 ($R v$) などをも有する形状のベーンに上記処理を行なうことと併用することにより、より高摩耗耐力が得られる。

【 0 0 4 0 】

また、ベーンの最表面に $F e$ と N を主成分とする化合物層を形成させ、その下に $F e$ と N を主成分とする拡散層を形成する窒化処理により、ベーンのすくなくとも側面の $F e$ と N を主成分とする化合物層を除去したものや、ベーンの最表面に $F e$ と S を主体とした化合物層を形成させ、その下に $F e - N$ を主体とした拡散層を形成させる窒化処理を行ない、ベーンのすくなくとも側面の $F e$ と S を主成分とする化合物層を除去したものは、処理による結晶構造の変化がもたらす寸法変化に対応し、寸法の再調整のための研磨などにより、その化合物層を除去しても高摩耗耐力が得られる。

【 0 0 4 1 】

ベーンと摺接するローラの材質は、縦弾性係数 $9.81 \times 10^4 \sim 1.47 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ の鉄系材料で形成するが、縦弾性係数が小さすぎるとローラの摩耗耐力が不足であり、大きすぎると弾性変形を期待できず、ベーンとローラ間の応力低減が図れず耐摩耗耐力が得られない。

【 0 0 4 2 】

本発明では二酸化炭素を冷媒とする回転圧縮機に用いるポリアルキレングリコール、または、ポリアルフアオレフィン、若しくは、鉱油からなる基油の動粘度は特に限定されるものではない。しかし、基油の動粘度が 40 で $30 \sim 120 \text{ mm}^2 / \text{s}$ であることが好ましい。基油の動粘度が $30 \text{ mm}^2 / \text{s}$ 未満では摺接部における摩耗を防止できない恐れがあり、 $120 \text{ mm}^2 / \text{s}$ を超えると消費電力が大きくなるなど不経済となる恐れがあ

10

20

30

40

50

る。

【0043】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、冷媒として、塩素基を含有しない冷媒、例えばR32、R125やR134aなどのHFC系冷媒、あるいはプロパン、ブタンなどの炭化水素類系冷媒、炭酸ガス、アンモニアなどの自然冷媒などの代替冷媒であっても良いし、特許請求の範囲に記載の趣旨から逸脱しない範囲で各種の変形実施が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図1】本発明を適用する2シリンダ方式の回転圧縮機の断面構造を示す説明図である。 10

【図2】図1に示した回転圧縮機のシリンダ、ローラ、ペーンなどの関係を示す断面説明図である。

【図3】図1に示した回転圧縮機のペーンの説明図である。

【図4】図1に示した回転圧縮機のローラとペーンの関係を示す断面説明図である。

【図5】図1に示した回転圧縮機の回転軸の回転中心、ローラ中心とペーンの曲率半径の中心などの関係を示す断面説明図である。

【図6】図1に示した回転圧縮機の冷凍回路を示す説明図である。

【符号の説明】

【0045】

a 回転圧縮機 20

b 凝縮器

c 膨張装置

d 蒸発器

1 回転圧縮機

31、32 シリンダ

23 吸入口

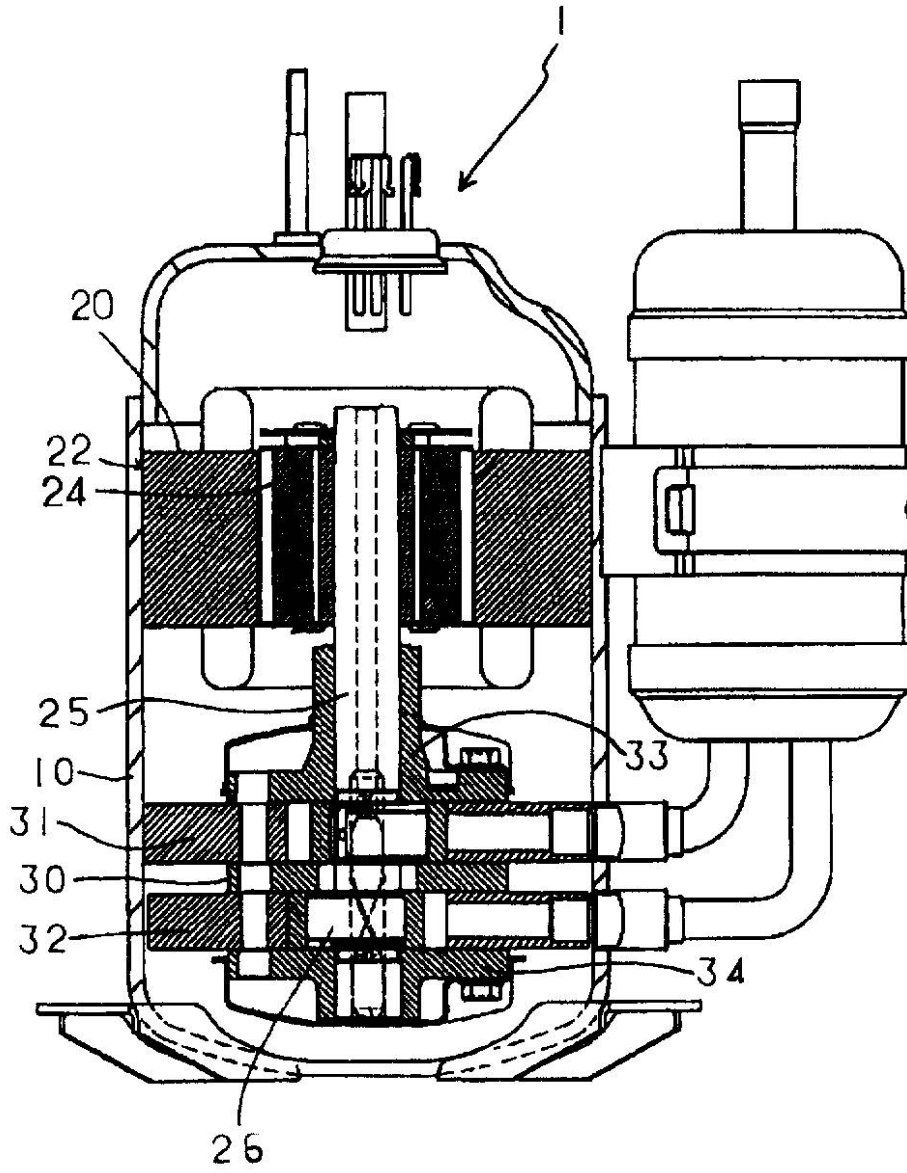
35 吐出口

26 クランク部

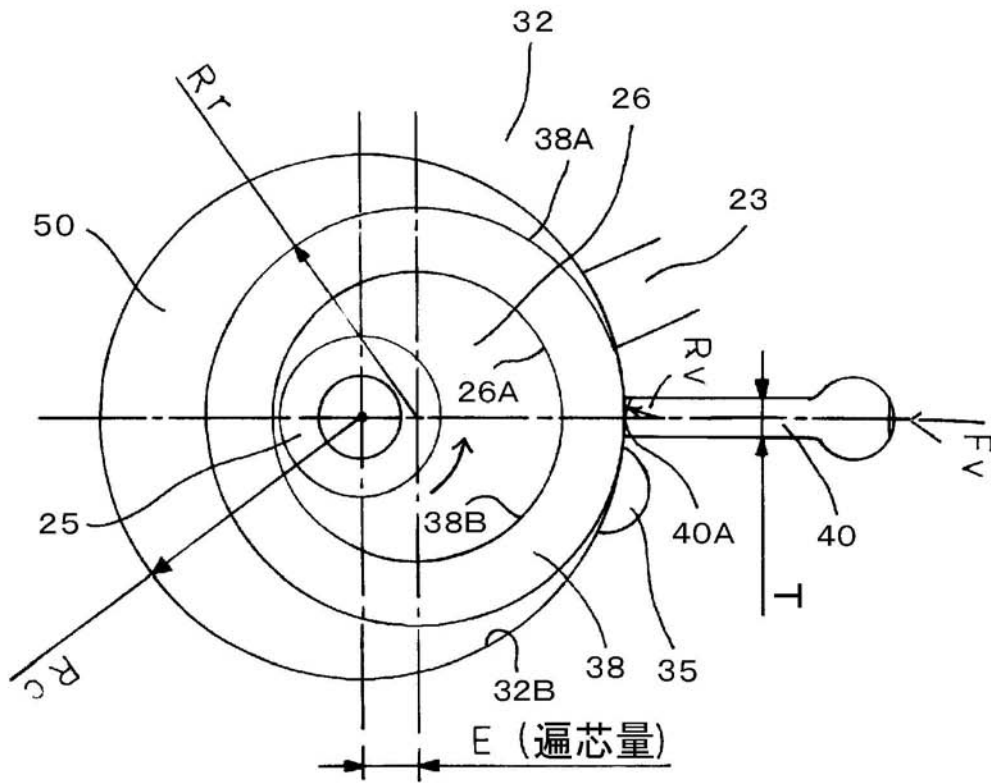
38 ローラ

40 ペーン 30

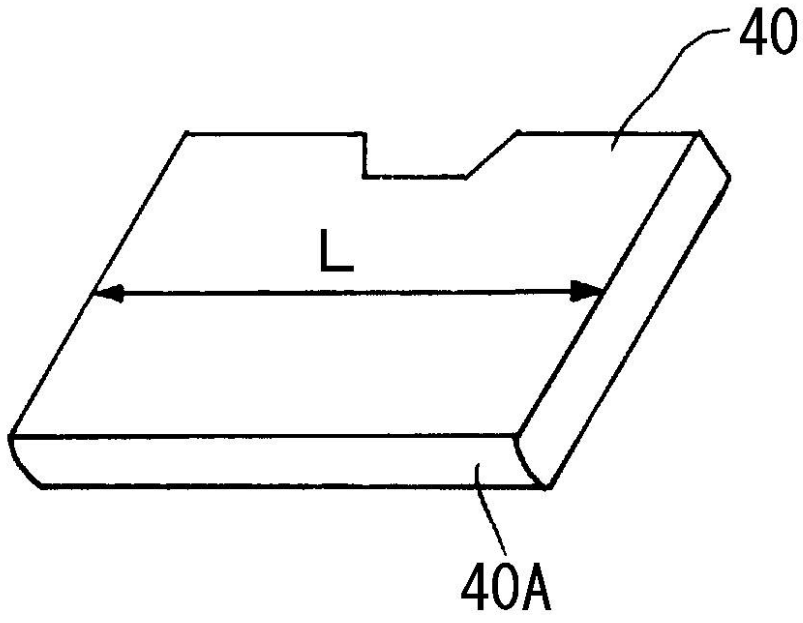
【図1】



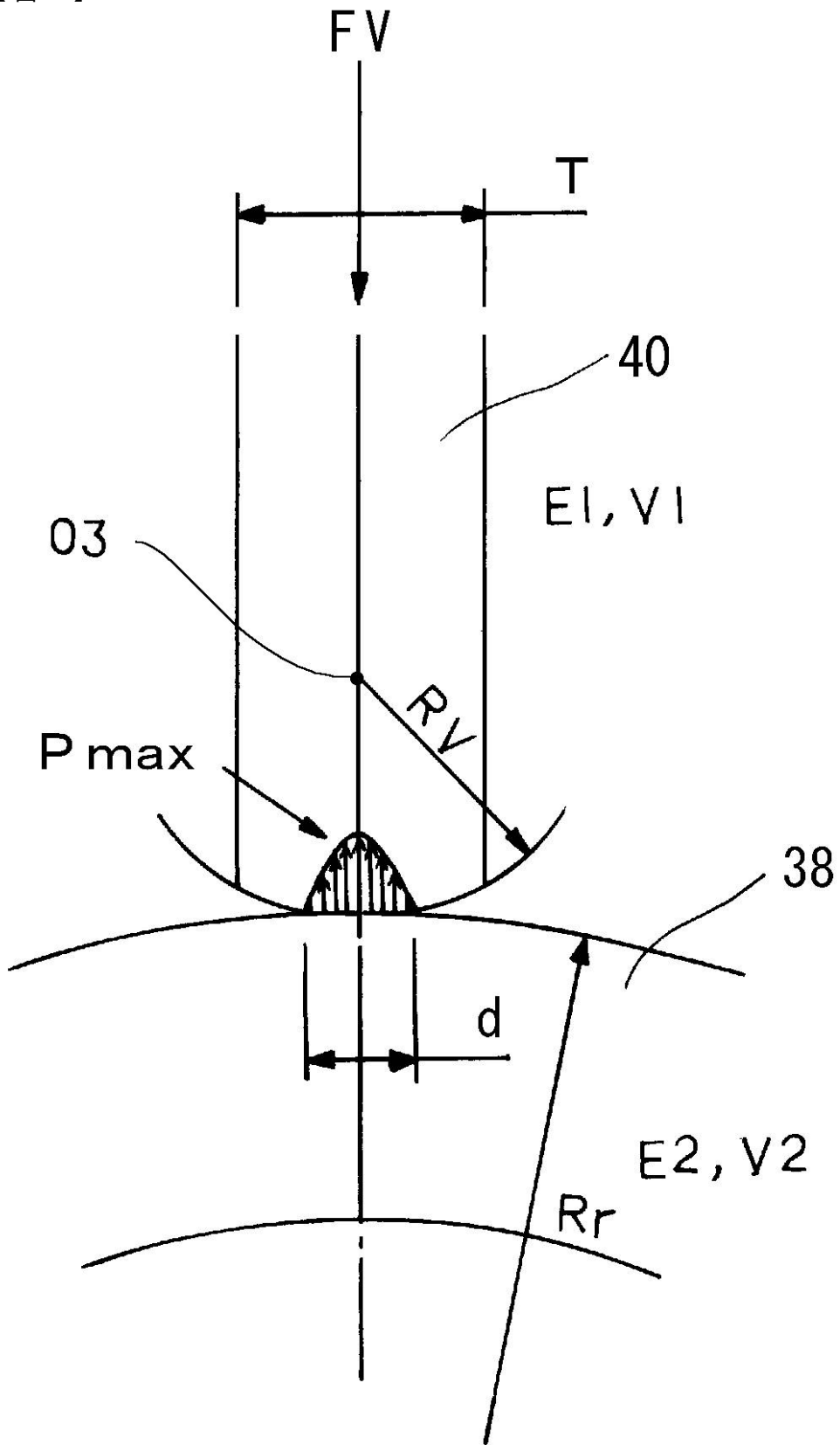
【 図 2 】



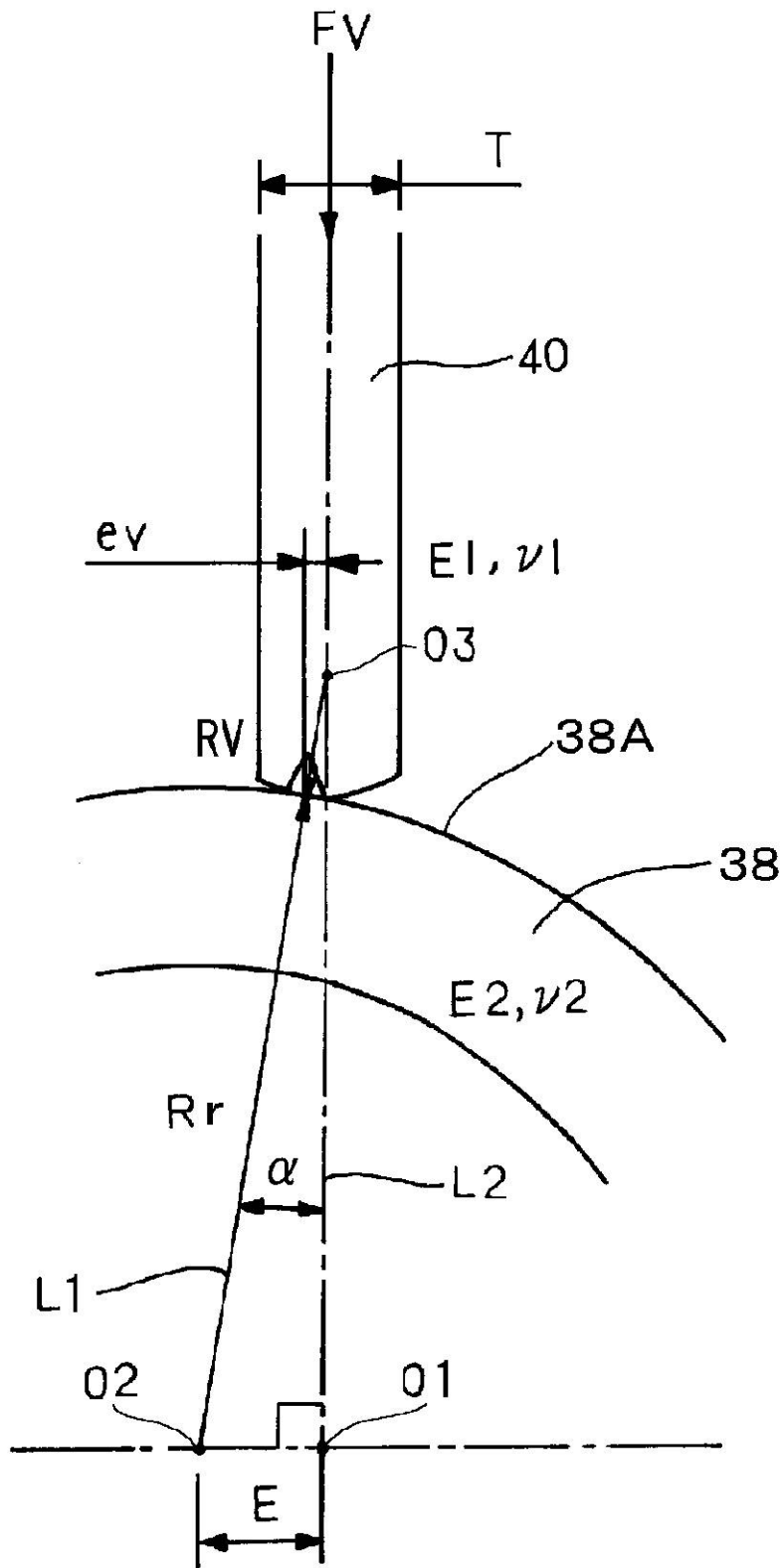
【 図 3 】



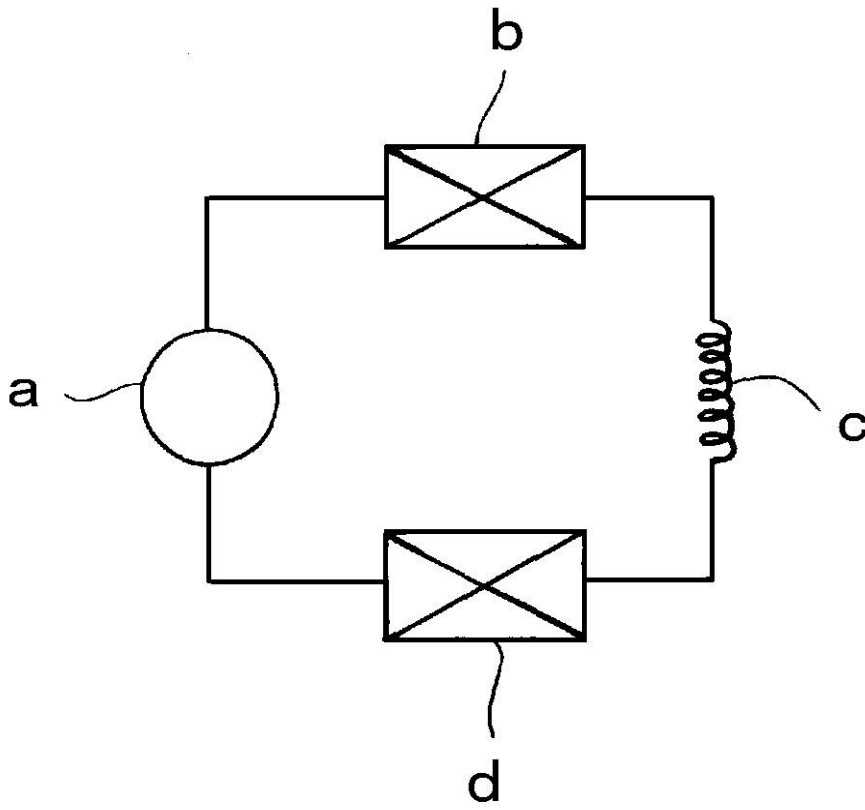
【 図 4 】



【図5】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 康樹

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

【要約の続き】