

(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2011-69249

(P2011-69249A)

(43) 公開日 平成23年4月7日(2011.4.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO4C 18/356 (2006.01)	FO4C 18/356 H	3H129
FO4C 29/00 (2006.01)	FO4C 29/00 C	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-219278 (P2009-219278)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成21年9月24日 (2009.9.24)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(71) 出願人	399023877
			東芝キヤリア株式会社
			東京都港区芝浦1丁目1番1号
		(74) 代理人	110000235
			特許業務法人 天城国際特許事務所
		(72) 発明者	伊藤 安孝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内
		(72) 発明者	服部 仁志
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内

最終頁に続く

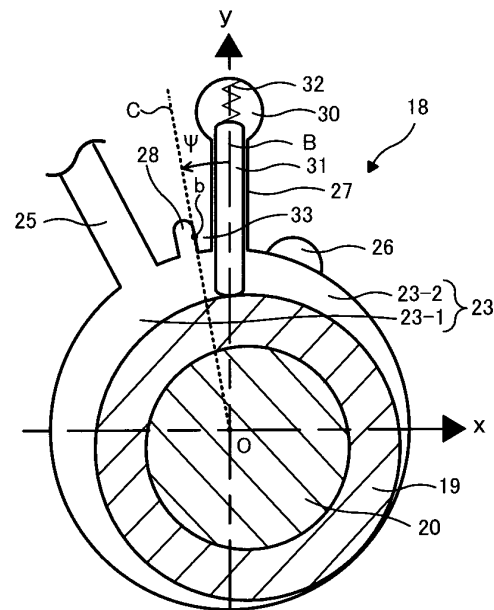
(54) 【発明の名称】 ロータリコンプレッサ

(57) 【要約】

【課題】 プレート部の疲労破壊を抑制し、かつ、ベーンの片当たり、焼き付きを抑制することが可能なロータリコンプレッサを提供すること。

【解決手段】 回転シャフト16を駆動する駆動部13と、この回転シャフト16に連結された圧縮機本体14と、がケーシング15内部に収納されて構成されたロータリコンプレッサであって、圧縮機本体14は、ケーシング15内部に設けられたシリンダ18と、このシリンダ18内を偏心回転するように設けられたローリングピストン19と、シリンダ18の上端面および下端面に設けられた軸受21、22と、からなる。シリンダ18には、シリンダ18、ローリングピストン19、および軸受21、22によって形成される圧縮室23を2分するベーン31が内部に挿入されたベーン溝27と、スリット28とが設けられる。スリット28は、このスリット28のベーン溝側面の中央とシリンダ18の中心とを結ぶ直線とベーン溝27の軸とによって規定される角度が9°以上14°以下になるように形成される。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

密閉されたケーシングと、
このケーシングに収納された駆動部と、
この駆動部により回転する回転シャフトと、
この回転シャフトに連結され、前記ケーシングに収納された圧縮機本体と、
を有し、

前記圧縮機本体は、シリンダ室を形成するシリンダと、
このシリンダ室の内周面の一部に接するように前記シリンダ室の内部に配置され、前記
回転シャフトの回転により、前記回転シャフトの回転中心軸から偏心して前記シリンダ室
内を回転するローリングピストンと、

前記シリンダに設けられた冷媒の吸入部と吐出部との間の内周面において開口し、この
開口から前記シリンダの半径方向に向かって、前記シリンダの上端面から下端面にかけて
貫通するように設けられたベーン溝と、

一端が前記ローリングピストンに接するように前記ベーン溝に挿入され、前記シリンダ
室を吸込み室と圧縮室に 2 分するベーンと、

前記シリンダの前記吸入部と前記ベーン溝との間の内周面において開口し、この開口か
ら前記シリンダの半径方向に向かって、前記シリンダの上端面から下端面にかけて貫通す
るように設けられたスリットと、

を具備し、

前記スリットの前記ベーン溝側の側面中央と前記シリンダの中心とを結ぶ直線と、前記
ベーン溝の溝幅方向の中心とシリンダの中心とを結ぶ直線とによって規定されるスリット
の角度が、 9° 以上 14° 以下になるように前記スリットが設けられていることを特徴と
するロータリコンプレッサ。

【請求項 2】

前記スリットは、このスリットの角度が、 9° 以上 13° 以下になるように設けられて
いることを特徴とする請求項 1 に記載のロータリコンプレッサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロータリコンプレッサに関し、特に、ロータリコンプレッサのシリンダの構
造に関する。

【背景技術】

【0002】

エアコン等の空調機に使用される従来のロータリコンプレッサは、モータロータおよび
モータステータからなる駆動部および、この駆動部に連結された圧縮機本体が、密閉容器
であるケーシング内に収容されて構成されている。

【0003】

駆動部において、モータステータはケーシングの内周面に固設されている。モータロー
タは、モータステータの内部に、回転シャフトの上端に固定されて配置されている。

【0004】

回転シャフトの下端部近傍は、圧縮機本体に連結されている。また、回転シャフトの下
端部は、ケーシング内の底部に貯留された潤滑油に浸漬されている。

【0005】

圧縮機本体は、シリンダ、ローリングピストン、クランク、第 1 の軸受、第 2 の軸受か
らなる。シリンダは、回転シャフトの回転中心軸を軸とする円筒形状であり、その外周面
がケーシングの内壁に固着されている。

【0006】

クランクは、回転シャフトの下端部近傍に回転シャフトの回転中心軸と偏心して一体形
成されている。また、ローリングピストンは、このクランクに嵌入されており、シリンダ

10

20

30

40

50

の内周面の一部に接触して収納されている。

【0007】

第1の軸受は、シリンダの上端面に設けられている。同様に、第2の軸受は、シリンダの下端面に設けられている。そして、これらの第1、第2の軸受によって、シリンダの内周面とローリングピストンとの間に、シリンダ室が形成される。

【0008】

また、シリンダには、上述のシリンダ室に連通する吸入管が接続形成されており、この吸入管から、圧縮室内に所望の冷媒が吸入される。

【0009】

さらに、シリンダには、上述の吸入管に連通する吸入路および吐出路が設けられており、さらに、これらの間には、ベーン溝が設けられている。

10

【0010】

上述の吐出路は、ケーシングの内部空間に開口する開口部と連通しており、圧縮室内の冷媒は、吐出路から、開口部を介してケーシング内に吐出される。なお、ケーシング内に吐出された冷媒は、ケーシングの上部に設けられた吐出管から、外部に吐出される。

【0011】

ここで、ベーン溝は、シリンダの内周面において開口し、この開口から半径方向に向かって伸びるように形成されており、その端部は、穴部に連通している。さらに、このベーン溝および穴部は、シリンダの上端面から下端面にかけて貫通するように形成されている。

20

【0012】

このベーン溝には、この溝の内部からシリンダ内にはみ出すようにベーンが挿入されている。このベーンは、一端が穴部に設けられたスプリングによって、ベーン溝に沿う方向に移動可能に支持されている。

【0013】

ベーン他端は、ローリングピストンの外周面に常に当接している。これにより、上述のシリンダ室は、吸込み室と圧縮室とに分離されている。

【0014】

このような構成の従来のロータリ圧縮機において、ベーンは、高圧の圧縮室と低圧の吸込み室との間に介在する。従って、ベーンは、これらの圧力差によりベーン溝と吸入路との間のシリンダに片当たりしながらベーン溝に沿って摺動する。これにより、プレート部が磨耗し、疲労破壊されるという問題がある。

30

【0015】

これに対し、シリンダのベーン溝と吸入路との間に、スリットが設けられた構成が知られている（特許文献1等参照）。このスリットは、シリンダの半径方向に向かってベーン溝と同様にして設けられている。このようにスリットを設けることにより、ベーン溝とスリットとの間のシリンダ（以降、この箇所をプレート部と称す）を弾性変形し易い構造にすることができる。従って、プレート部にかかる接触面圧を低下することができ、プレート部の磨耗による疲労破壊が抑制される。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0016】

【特許文献1】特開2006-112396号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

しかし、本願発明者等は、シリンダに単にスリットを設けただけでは、プレート部の疲労破壊および、ベーンの片当たり、焼き付きを抑制することは困難であることを発見した。

【0018】

50

例えば、ベーン溝の近くにスリットが形成された場合、プレート部の厚みが薄くなるため柔構造となり、ベーンの片当たり、焼き付きを抑制することができる。その結果、プレート部とベーンとの接触面積を大きくすることができるため、プレート部にかかる接触面圧を低減することができる。しかし、プレート部の機械的強度は低下するため、これによって疲労破壊し易くなるという問題がある。

【0019】

これとは反対に、ベーン溝から遠くにスリットが形成された場合、プレート部の厚みが厚くなるため弾性変形し難い構造となる。従って、ベーンの片当たり、焼き付きを抑制することは困難となる。

【0020】

そこで、本発明は、本願発明者等によって発見された問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、プレート部の疲労破壊および、ベーンの片当たり、焼き付きを抑制することが可能なロータリコンプレッサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明のロータリコンプレッサは、密閉されたケーシングと、このケーシングに収納された駆動部と、この駆動部により回転する回転シャフトと、この回転シャフトに連結され、前記ケーシングに収納された圧縮機本体と、からなり、前記圧縮機本体は、シリンダ室を形成するシリンダと、このシリンダ室の内周面の一部に接するように前記シリンダ室の内部に配置され、前記回転シャフトの回転により、前記回転シャフトの回転中心軸から偏心して前記シリンダ室内を回転するローリングピストンと、前記シリンダに設けられた冷媒の吸入部と吐出部との間の内周面において開口し、この開口から前記シリンダの半径方向に向かって、前記シリンダの上端面から下端面にかけて貫通するように設けられたベーン溝と、一端が前記ローリングピストンに接するように前記ベーン溝に挿入され、前記シリンダ室を吸込み室とに2分するベーンと、前記シリンダの前記吸入部と前記ベーン溝との間の内周面において開口し、この開口から前記シリンダの半径方向に向かって、前記シリンダの上端面から下端面にかけて貫通するように設けられたスリットと、を具備し、前記スリットの前記ベーン溝側の側面中央と前記シリンダの中心とを結ぶ直線と、前記ベーン溝の溝幅方向の中心とシリンダの中心とを結ぶ直線とによって規定されるスリットの角度が 9° 以上 14° 以下になるように前記スリットが設けられていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、プレート部に発生する応力を疲労強度限界より小さくし、かつ、プレート部が適当に弾性変形するように、シリンダに対してスリットを設けるため、プレート部の疲労破壊および、ベーンの片当たり、焼き付きを抑制することが可能なロータリコンプレッサを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本実施形態に係るロータリコンプレッサを示す縦断面図である。

【図2】図1の一点鎖線A-A'に沿った断面図である。

【図3】プレート部の解析において用いられるFEMモデルを示す。

【図4】図3のFEMモデルの一要素を直交座標系において示す拡大図である。

【図5】図4に示された一要素を変換された在表敬において示す拡大図である。

【図6】プレート部の解析結果を示す図である。

【図7A】スリット角が 13° より大きい場合において、プレート部にかかる圧力分布を示す解析結果である。

【図7B】スリット角が 13° の場合において、プレート部にかかる圧力分布を示す解析結果である。

【図7C】スリット角が 13° より小さい場合において、プレート部にかかる圧力分布を

10

20

30

40

50

示す解析結果である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下に、本実施形態に係るロータリコンプレッサについて説明する。

【0025】

図1は、本実施形態に係るロータリコンプレッサの縦断面図である。図1に示すように、本実施形態のロータリコンプレッサは、円筒状のモータロータ11およびモータステータ12からなる駆動部13および、この駆動部13に連結された圧縮機本体14が、密閉容器であるケーシング15内に収容されて構成されている。

【0026】

駆動部13のモータステータ12はケーシング15の内周面に固設されている。モータロータ11は回転シャフト16の上端部に固定されており、この状態でモータステータ12の内部に配置されている。

【0027】

回転シャフト16の下端部近傍は、圧縮機本体14に連結されている。また、回転シャフト16の下端部は、ケーシング15内の底部に貯留された潤滑油17に浸漬されている。この潤滑油17は、回転シャフトの下端部に設けられたオイルポンプ（図示せず）によって、例えば、後述する第1、第2の軸受21、22と回転シャフト16との間、ベーン31とベーン溝27との間等の各摺動部分に供給される。

【0028】

圧縮機本体14は、シリンダ18、ローリングピストン19、クランク20、第1の軸受21、第2の軸受22からなる。シリンダ18は、回転シャフト16の回転中心を軸とする略円筒形状であり、その外周面がケーシング15の内壁に固着され、内周部にシリンダ室23を形成している。

【0029】

クランク20は、円柱状であり、回転シャフト16の下端部近傍に回転シャフト16の回転中心とは偏心して一体形成されている。また、ローリングピストン19は、円筒形状であり、クランク20に嵌入されている。このようなローリングピストン19は、シリンダ室23内周面の一部に接触してシリンダ室23内に収納されている。

【0030】

第1の軸受21は、シリンダ18の上端面に設けられている。同様に、第2の軸受22は、シリンダ18の下端面に設けられている。そして、これらの第1、第2の軸受21、22によって、シリンダ18の内周面とローリングピストン19との間に、シリンダ室23が形成される。

【0031】

また、シリンダ18には、シリンダ室23に連通する吸入管24が接続されている。

【0032】

図2は、図1の一点鎖線A-A'に沿った断面図である。図2に示すように、シリンダ18には、吸入路25、吐出路26、ベーン溝27およびスリット28がそれぞれ、シリンダ18の内周面に開口し、この開口部分からシリンダ18の半径方向に沿って外周面側に伸びるように設けられている。

【0033】

このうち、吸入路25は、図1に示される吸入管24に連通されており、冷媒は、吸入管24、吸入路25を介してシリンダ室23内に吸入される。

【0034】

吐出路26は、図1に示されるケーシング15の内部空間に開口する開口部（図示せず）と連通しており、シリンダ室23内の冷媒は、吐出路26から、開口部（図示せず）を介してケーシング15内に吐出される。なお、ケーシング15内に吐出された冷媒は、図1に示すように、ケーシング15の上部に設けられた吐出管29から外部に吐出される。

【0035】

10

20

30

40

50

ベーン溝 27 は、吸入路 25 と吐出路 26 との間に形成されている。このベーン溝 27 の端部は、穴部 30 に連通している。さらに、このベーン溝 27 および穴部 30 は、シリンダ 18 の上端面から下端面にかけて貫通するように形成されている。

【0036】

このベーン溝 27 には、この溝 27 の内部からシリンダ室 23 内に突出するようにベーン 31 が挿入されている。このベーン 31 は、一端が穴部 30 に設けられたスプリング 32 によって、ベーン溝 27 に沿う方向に移動可能に支持されている。

【0037】

ベーン 31 の他端は、ローリングピストン 19 の外周面に常に当接している。これにより、上述のシリンダ室 23 は、吸込み室 23-1 と圧縮室 23-2 とに分離されている。

【0038】

スリット 28 は、ベーン溝 27 と吸入路 25 との間に設けられている。このスリット 28 は、ベーン溝 27 とスリット 28 との間のシリンダ 18 (以下、プレート部 33 と称す) の疲労破壊を抑制し、かつ、ベーン 31 の片当たり、焼き付きを抑制することが可能なように設けられている。

【0039】

具体的には、スリット 28 は、以下に説明するように形成されている。すなわち、図 2 に示すように、ベーン溝 27 の溝幅方向の中心とシリンダ 18 の中心 O とを結ぶ一点鎖線 B と、スリット 28 のベーン溝側の側面中央 b とシリンダ 18 の中心 O とを結ぶ破線 C と、によって形成される角度を Ψ とする (以下、この Ψ をスリット 28 の角度 Ψ と称す)。ここで、一点鎖線 B を $\Psi = 0$ とする。このようにスリット 28 の角度 Ψ を定義すると、スリット 28 は、この角度 Ψ が $9^\circ \leq \Psi \leq 14^\circ$ の範囲になるように形成されている。なお、このスリットの角度 Ψ の範囲は、以下に説明する解析により求められた範囲である。

【0040】

解析においては、プレート部 33 およびベーン 31 の表面状態が、混合潤滑状態であるとする。混合潤滑状態とは、ベーン 31 とプレート部 33 とが、互いの表面粗さによって、ある部分においては油膜を介して接触しており、他の部分においては直接接触している状態である。

【0041】

この状態に基づいて、まず、油膜による圧力 p および直接接触による圧力 p_c によってプレート部 33 にかかる圧力分布を計算する。そして、プレート部 33 にかかる圧力分布とプレート部 33 の弾性変形量とを釣り合わせる。これにより、プレート部 33 に発生する引っ張り応力をスリット角 Ψ 毎に求めた。

【0042】

油膜による圧力 p は、修正 Reynolds 方程式である以下の式 1 により算出した。
【数 1】

$$\frac{\partial}{\partial X} \left(\Phi_x \frac{\bar{h}^3}{\eta} \frac{\partial p}{\partial X} \right) = 6U \frac{\partial h_T}{\partial X} + 6U \sigma \frac{\partial \Phi_s}{\partial X} + 12 \frac{\partial h_T}{\partial t} \cdots \text{(式 1)}$$

【0043】

この式 1 において、 $\bar{h}$ は表面粗さの平均線に従う平均油膜厚さ、 η は油の粘性係数、 U はベーンすべり面の移動速度、 σ は二面の自乗平方根平均粗さ、 Φ_x は圧力流れの修正係数、 Φ_s はせん断流れの修正係数、 h_T は粗さの分布を考慮した局所的な油膜厚さ、 X はベーン溝方向の油膜の座標、 t は時間である。ここで、 h_T は、以下の式 2 により表される。

10

20

30

40

50

【数 2】

$$h_T = \frac{\bar{h}}{2} \left\{ 1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\bar{h}}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right\} + \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\bar{h}}{\sigma} \right)^2 \right) \cdots (\text{式2})$$

【0044】

また、直接接触による圧力 p_c は、Greenwood-Tripp 理論に基づいて導かれた Patir と Cheng による近似式である以下の式 3 により算出した。

【数 3】

$$p_c = k_c E' \times 4.4086 \times 10^{-5} \left(4 - \frac{\bar{h}}{\sigma} \right)^{6.804} \cdots (\text{式3})$$

【0045】

この式 3 において、 p_c は固体接触面圧、 k_c は表面粗さ形状による定数、 E' は等価縦弾性係数である。なお、 $\bar{h}$ および σ は、式 1 において使用される意味と同様である。

【0046】

また、上述の油膜による圧力 p と直接接触による圧力 p_c との総和と、プレート部 33 の弾性変形量との釣り合わせは、以下のように計算した。

【0047】

まず、プレート部 33 を、図 3 に示される FEM モデルのようにメッシュ状に各要素 M に分割し、上述の式 1、式 3 から、プレート部 33 のベーン溝 27 側の表面（以下、プレート部 33 の表面と称す）上の節点の弾性変形量を有限要素法により求めた。

【0048】

各節点の自由度分変位を $\{u\}$ とすると、離散化された弾性変形式は式 4 のように示される。

【数 4】

$$\{u\} = [C]\{f\} \cdots (\text{式4})$$

【0049】

この式 4 において、 $[C]$ は影響係数マトリックス、 $\{f\}$ は各節点に作用する外部荷重である。本解析において $\{f\}$ は、プレート部 33 の表面における圧力分布（油膜による圧力 p と直接接触による圧力 p_c との和）に等価な節点荷重ベクトルである。

【0050】

なお、式 4 は、式 5 に示される剛性方程式を変形させた式である。

【数 5】

$$\{f\} = [K]\{u\} \cdots (\text{式5})$$

【0051】

従って、式 4 における影響係数マトリックス $[C]$ は、式 5 における剛性係数マトリックス $[K]$ の逆マトリックスである。なお、この剛性マトリックス $[K]$ は、図 3 に示されるような FEM モデル毎に異なるものであり、スリット角 Ψ を変えることは、剛性マトリッ

10

20

30

40

50

クス $[K]$ を変えることに相当する。

【0052】

以上のようにして、油膜による圧力 p と直接接触による圧力 p_c との総和と、プレート部 33 の弾性変形量との釣り合わせを計算した。

【0053】

なお、剛性マトリックス $[K]$ は、図 3 に示されるような FEM モデルの全要素 M について要素剛性マトリックス $[k]$ を計算し、共通節点の重ね合わせを行うことにより算出される。要素剛性マトリックス $[k]$ は、以下の式 6 から算出される。

【数 6】

$$[k] = \iint [B]^T [D] [B] z dx dy \quad \dots (式6)$$

10

【0054】

式 6 において、 $[B]$ は形状マトリックス、 $[D]$ は材料物性マトリックス、 z は z 軸方向、すなわち、図 3 に示される FEM モデルの厚さ方向（図 3 の紙面に対して垂直方向）の座標である。

【0055】

ここで、FEM モデルの各要素 M は、図 4 に示されるような四角形からなる。本解析においては、図 4 に示される $x y$ 直交座標系における四角形の各頂点座標 (x, y) を、図 5 に示されるように正規化された $\xi \eta$ 座標系の座標 (ξ, η) に変換する。この変換は、座標変換の関数 N_i を用いた以下の式 7 を用いて行われる。

20

【数 7】

$$\begin{aligned} x(\xi, \eta) &= N'_i(\xi, \eta) x_i \\ y(\xi, \eta) &= N'_i(\xi, \eta) y_i \end{aligned} \quad \dots (式7)$$

【0056】

また、要素 M 内の任意の点の x 軸方向、 y 軸方向の変位を u_x 、 u_y とし、節点 i における変位を式 8 のように定義する。

30

【数 8】

$$u = (u_x \ u_y), \quad u_i = (u_{ix} \ u_{iy}) \quad \dots (式8)$$

【0057】

ここで、内挿関数 N_i にて要素内の任意点の変位を節点変位で表すと式 9 のようになる。

【数 9】

$$\begin{Bmatrix} u_x \\ u_y \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^n N_i \begin{Bmatrix} u_{ix} \\ u_{iy} \end{Bmatrix} \quad \dots (式9)$$

40

【0058】

なお、本解析において、上述の要素をアイソパラメトリック要素と考えると、式 9 における内挿関数 N_i は、式 7 における座標変換の関数 N_i と同一である。

【0059】

内挿関数 N_i および、この関数の偏導関数は、式 10 に示される通りである。

【数 1 0】

$$N_i = \frac{1}{4} (1 + \xi_i \xi) (1 + \eta_i \eta)$$

$$\frac{\partial N_i}{\partial \xi} = \frac{1}{4} \xi_i (1 + \eta_i \eta) \quad \dots (\text{式} 10)$$

$$\frac{\partial N_i}{\partial \eta} = \frac{1}{4} \eta_i (1 + \xi_i \xi)$$

10

【0 0 6 0】

ここで、 ξ η 座標系の要素 M' が有する各頂点を m_i (ξ 、 η) = m_1 (−1、−1)、 m_2 (1、−1)、 m_3 (1、1)、 m_4 (−1、1) とすると、式 1 0 は、以下の式 1 1 のようになる。

【数 1 1】

$$m1: (\xi_1, \eta_1) = (-1, -1) \quad m2: (\xi_2, \eta_2) = (1, -1)$$

$$N_1 = \frac{1}{4} (1 + (-1) \xi) (1 + (-1) \eta) \quad N_2 = \frac{1}{4} (1 + (1) \xi) (1 + (-1) \eta)$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial \xi} = \frac{1}{4} (-1) (1 + (-1) \eta) \quad \frac{\partial N_2}{\partial \xi} = \frac{1}{4} (1) (1 + (-1) \eta)$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial \eta} = \frac{1}{4} (-1) (1 + (-1) \xi) \quad \frac{\partial N_2}{\partial \eta} = \frac{1}{4} (-1) (1 + (1) \xi)$$

20

$$m3: (\xi_3, \eta_3) = (1, 1) \quad m4: (\xi_4, \eta_4) = (-1, 1)$$

$$N_3 = \frac{1}{4} (1 + (1) \xi) (1 + (1) \eta) \quad N_4 = \frac{1}{4} (1 + (-1) \xi) (1 + (1) \eta)$$

$$\frac{\partial N_3}{\partial \xi} = \frac{1}{4} (1) (1 + (1) \eta) \quad \frac{\partial N_4}{\partial \xi} = \frac{1}{4} (-1) (1 + (1) \eta)$$

$$\frac{\partial N_3}{\partial \eta} = \frac{1}{4} (1) (1 + (1) \xi) \quad \frac{\partial N_4}{\partial \eta} = \frac{1}{4} (1) (1 + (-1) \xi)$$

$$\dots (\text{式} 11)$$

30

【0 0 6 1】

以上に基づいて、式 6 に示される要素剛性マトリックス $[k]$ は、以下の式 1 2 のように変換される。

【数 1 2】

$$[k] = \iint [B]^T [D] [B] z dx dy = \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 [B]^T [D] [B] z \det[J] d\xi d\eta$$

$$\dots (\text{式} 12)$$

40

【0 0 6 2】

50

ここで、 $[J]$ はJ a c o b i a nマトリックスであり、 $[J]$ 、 $\det [J]$ は、以下の式 1 3で示される。

【数 1 3】

$$[J] = \begin{bmatrix} \sum \frac{\partial N_i}{\partial \xi} x_i & \sum \frac{\partial N_i}{\partial \xi} y_i \\ \sum \frac{\partial N_i}{\partial \eta} x_i & \sum \frac{\partial N_i}{\partial \eta} y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial \xi} & \frac{\partial N_2}{\partial \xi} & \frac{\partial N_3}{\partial \xi} & \frac{\partial N_4}{\partial \xi} \\ \frac{\partial N_1}{\partial \eta} & \frac{\partial N_2}{\partial \eta} & \frac{\partial N_3}{\partial \eta} & \frac{\partial N_4}{\partial \eta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{bmatrix} \quad \dots (式13)$$

10

$$\det[J] = \sum \frac{\partial N_i}{\partial \xi} x_i \times \sum \frac{\partial N_i}{\partial \eta} y_i - \sum \frac{\partial N_i}{\partial \xi} y_i \times \sum \frac{\partial N_i}{\partial \eta} x_i$$

【 0 0 6 3 】

また、 $[B]$ は形状マトリックス、 $[D]$ は材料物性マトリックスはそれぞれ、式 1 4、式 1 5で示される。

【数 1 4】

$$[B] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial x} & 0 & \frac{\partial N_3}{\partial x} & 0 & \frac{\partial N_4}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial N_1}{\partial y} & 0 & \frac{\partial N_2}{\partial y} & 0 & \frac{\partial N_3}{\partial y} & 0 & \frac{\partial N_4}{\partial y} \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} & \frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_2}{\partial y} & \frac{\partial N_2}{\partial x} & \frac{\partial N_3}{\partial y} & \frac{\partial N_3}{\partial x} & \frac{\partial N_4}{\partial y} & \frac{\partial N_4}{\partial x} \end{bmatrix} \quad \dots (式14)$$

20

$$[D] = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \nu/(1-\nu) & 0 \\ \nu/(1-\nu) & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (1-2\nu)/2(1-\nu) \end{bmatrix} \quad \dots (式15)$$

30

【 0 0 6 4 】

なお、式 1 5において、 ν はポアソン比、 E はヤング率を示す。

40

【 0 0 6 5 】

以上のようにして、図 3 に示されるような F E Mモデルの全要素 M について要素剛性マトリックス $[k]$ を計算し、共通節点の重ね合わせを行うことにより剛性マトリックス $[K]$ を算出する。

【 0 0 6 6 】

解析においては、まずスリット角 Ψ を規定して剛性マトリックス $[K]$ を計算する。その後、上述したように、式 1、式 3を用いてプレート部 3 3にかかる圧力分布を計算し、式 4を用いてプレート部 3 3にかかる圧力分布とプレート部 3 3の弾性変形量とを釣り合わせる。これにより、プレート部 3 3に発生する応力をスリット角 Ψ 毎に求めた。その結果を図 6 に示す。なお、解析条件は以下の通りである。

50

【0067】

シリンダ半径：36.5 mm
 ローリングピストン外径：30.6 mm
 ベーン溝長：20.0 mm
 ベーン表面粗さ：0.1 μm (R_q)
 ベーン溝表面粗さ：0.8 μm (R_q)
 スリット長：2.5 mm
 スリット半径：2.5 mm
 油の粘度：4.2 e-3 Pa·s
 回転数：60 Hz
 冷媒：CO₂

10

図6は、スリットの角度 Ψ [deg] とプレート部33の最大応力 [MPa] との関係を示すグラフである。図6より、スリット角 Ψ を大きくすると、プレート部33の最大応力が小さくなることがわかった。これは、スリット角 Ψ が大きくなる毎に、プレート部33の厚さが厚くなり、弾性変形し難い構造となるためである。

【0068】

さらに、スリットの角度 Ψ [deg] とプレート部33の最大応力 [MPa] との関係において、スリット角 Ψ が9°の点および14°の点に変曲点を有することが発見された。すなわち、スリット角 Ψ が9°より小さい場合、プレート部33の最大応力が急激に増大し、スリット角 Ψ が14°より大きい場合、プレート部33の最大応力が急激に減少することが発見された。

20

【0069】

スリット角 Ψ が9°より小さい場合、プレート部33の最大応力が急激に増大しているが、これは、スリット角 Ψ が9°より小さくなると、プレート部33が急激に柔構造となるためである。従って、ベーン31の片当たり、焼き付きの抑制には有効である。しかし、プレート部33の疲労強度限界は一般に200 [MPa]であることが知られており、本解析においては、マージンをとって疲労強度限界を100 [MPa]と定めると、スリット角 Ψ が9°より小さい場合、プレート部33の最大応力が100 [MPa]を超えてしまい、プレート部33の機械的強度が弱くなるため、疲労破壊されてしまう。

【0070】

30

一方で、スリット角 Ψ が14°より大きい場合、プレート部33の最大応力が急激に減少しているが、これは、スリット角 Ψ が14°より大きくなると、スリット28によるプレート部33の弾性変形効果が得られなくなることを意味する。すなわち、スリット角 Ψ が14°より大きい場合、ベーン31の片当たり、焼き付きを抑制する効果を期待することはできない。

【0071】

なお、上述の結果は、解析条件を変えてもほぼ同様の結果が得られた。

【0072】

以上より、プレート部33は、この角度 Ψ が9° $\leq\Psi\leq14^\circ$ の範囲になるように形成されることにより、プレート部33の疲労破壊が抑制されるとともに、ベーン31の片当たり、焼き付きが抑制されることが分かった。

40

【0073】

また、上述の解析により、プレート部33において最大応力が発生する箇所は、プレート部33の角度 Ψ とともに移動することが発見された。図7A乃至図7Cは、それぞれのスリット角 Ψ において、プレート部33にかかる圧力分布を示しており、横軸に、プレート部33の端部からの距離 [mm]、縦軸に面圧 [MPa] を示している。ここでプレート部33の端部とは、プレート部33のうち、圧縮室23に接する位置を意味する。すなわち、図3に示すように、プレート部33の端部からの距離 $Y0$ [mm] は、プレート部33の端部を $Y0=0$ としたときのベーン溝27方向の位置を示す。

【0074】

50

まず、プレート部 33 の角度 Ψ が 13° より大きいとき、図 7 A に示すように、プレート部 33 の端部において面圧が最大になっていることが分かる。

【0075】

しかし、プレート部 33 の角度 Ψ が 13° になると、図 7 B に示すように、プレート部 33 の端部にかかる面圧が図 5 A と比較して低下するとともに、プレート部 33 の端部からおよそ 2.5 mm の点における面圧が、プレート部 33 の端部の面圧よりわずかに大きくなることが分かる。

【0076】

さらに、プレート部 33 の角度 Ψ が 13° より小さくなると、図 7 C に示すように、プレート部 33 の端部からおよそ 2.5 mm の点において面圧が最大となっていることが分かる。

10

【0077】

なお、この現象も、解析条件を変えてもほぼ同様の結果が得られた。

【0078】

このように、プレート部 33 の角度 Ψ を 13° 以下にすることにより、プレート部 33 の端部に大きな面圧がかかることを抑制できる。すなわち、ベーン 31 の片当たり、焼き付きをより効果的に抑制することができる。このように、プレート部 33 は、この角度 Ψ が $9^\circ \leq \Psi \leq 13^\circ$ の範囲になるように形成されることがより好ましい。

【0079】

以上に説明したロータリコンプレッサは、以下のように動作する。まず、モータステータ 12 によりモータロータ 11 に磁界を発生させる。すると、この磁界の作用により、モータロータ 11 に固定された回転シャフト 16 は回転する。このとき、回転シャフト 16 の下端部近傍に一体形成されたクランク 20 は、この回転シャフト 16 の回転中心軸から偏心して回転する。クランク 20 が回転すると、これに嵌入されたローリングピストン 19 は、シリンダ 18 内を偏心して回転する。

20

【0080】

ここで、例えば CO_2 からなる冷媒が吸入路 25 を介して吸込み室 23-1 に吸入される。吸込み室 23-1 は、ローリングピストン 19 が偏心回転し、吸入路 25 を通過すると圧縮室 23-2 に切換わる。圧縮室 23-2 はローリングピストン 19 の偏心回転とともに容積が縮小され、これに伴って圧縮室 23-2 内の冷媒が圧縮される。さらにローリングピストン 19 の偏心回転により圧縮室 23-2 内の冷媒の圧力が吐出圧力に到達すると、吐出路 26 に設けられた図示しない吐出弁が開き、冷媒が、吐出路 26、開口部（図示せず）を介してケーシング 15 内に吐出され、さらにケーシング 15 上部に設けられた吐出管 29 から外部に吐出される。

30

【0081】

以上に説明したロータリコンプレッサによれば、スリット 28 の角度 Ψ が $9^\circ \leq \Psi \leq 14^\circ$ の範囲になるようにスリット 28 が形成されているため、上述のシミュレーション結果から明らかなように、プレート部 33 の疲労破壊を抑制し、かつ、ベーン 31 の片当たり、焼き付きを抑制することができる。

【0082】

なお、スリット 28 の角度 Ψ は $9^\circ \leq \Psi \leq 13^\circ$ の範囲になるように形成されることが、より好ましい。

40

【0083】

以上に、本実施形態のロータリコンプレッサについて説明した。しかし、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で様々に変形可能である。

【0084】

また、上述の実施形態においては、冷媒として CO_2 が適用された。 CO_2 は、圧縮室 23-2 において、例えば 12 MPa 程度まで圧縮されるものである。このように、冷媒を極めて高圧に圧縮する場合には、本発明は特に有効である。しかし、例えば温室効果ガ

50

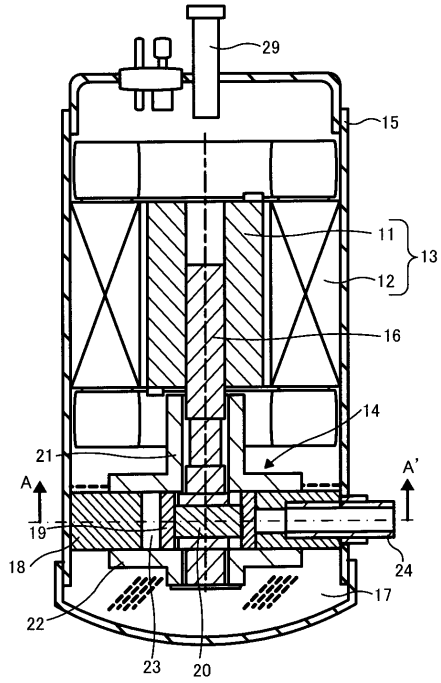
スであるHFC冷媒を冷媒として適用する場合、圧縮室23-2において4MPa程度までしか圧縮されないが、このような冷媒を適用した場合であっても、本発明は有効である。このように、本発明においては、適用される冷媒は限定されない。さらに、シリンダを複数有するロータリコンプレッサにも適用可能である。

【符号の説明】

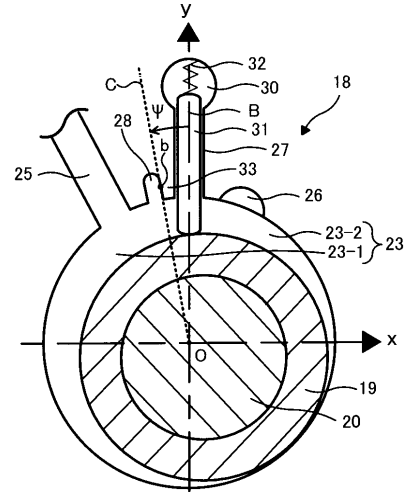
【0085】

11・・・モータロータ	
12・・・モータステータ	
13・・・駆動部	
14・・・圧縮機本体	10
15・・・ケーシング	
16・・・回転シャフト	
17・・・潤滑油	
18・・・シリンダ	
19・・・ローリングピストン	
20・・・クランク	
21・・・第1の軸受	
22・・・第2の軸受	
23・・・シリンダ室	
23-1・・・吸込み室	20
23-2・・・圧縮室	
24・・・吸入管	
25・・・吸入路	
26・・・吐出路	
27・・・ベーン溝	
28・・・スリット	
29・・・吐出管	
30・・・穴部	
31・・・ベーン	
32・・・スプリング	30
33・・・プレート部	

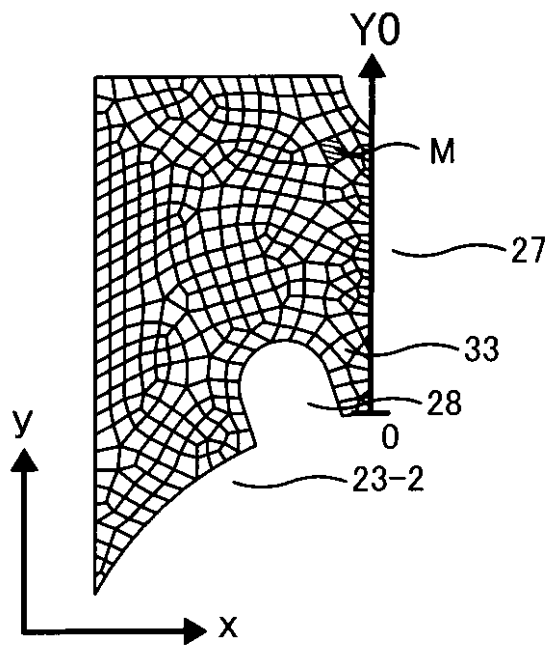
【図 1】



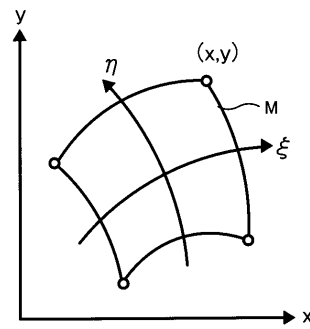
【図 2】



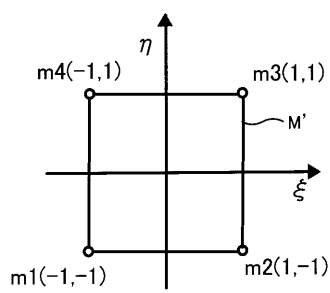
【図 3】



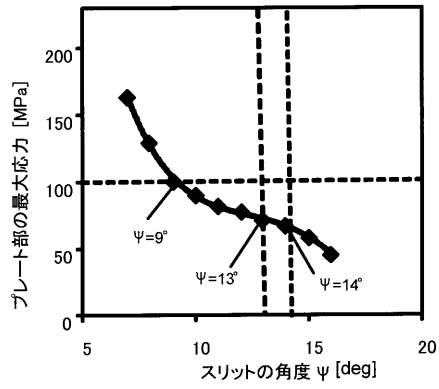
【図 4】



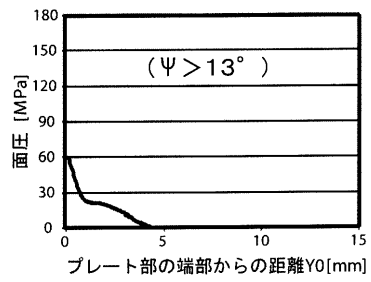
【図 5】



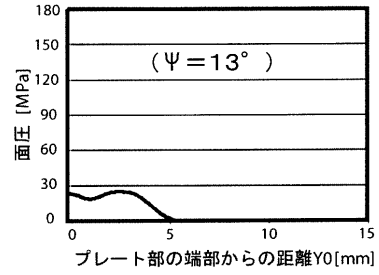
【図 6】



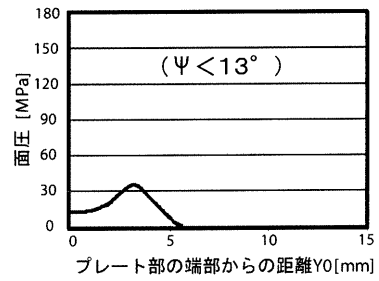
【図 7 A】



【図 7 B】



【図 7 C】



フロントページの続き

(72)発明者 角田 和久
静岡県富士市蓼原 3 3 6 番地 東芝キャリア株式会社内
(72)発明者 三浦 一彦
静岡県富士市蓼原 3 3 6 番地 東芝キャリア株式会社内
Fターム(参考) 3H129 AA04 AA13 AA32 AB03 BB44 BB50 CC03