

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 5 部門第 1 区分

【発行日】平成 18 年 12 月 7 日 (2006.12.7)

【公開番号】特開 2001-248556 (P2001-248556A)

【公開日】平成 13 年 9 月 14 日 (2001.9.14)

【出願番号】特願 2000-57028 (P2000-57028)

【国際特許分類】

**F 0 4 B 39/00 (2006.01)**

**H 0 2 K 1/27 (2006.01)**

**H 0 2 K 7/14 (2006.01)**

**H 0 2 K 21/16 (2006.01)**

【F I】

F 0 4 B 39/00 1 0 3 D

F 0 4 B 39/00 1 0 2 Z

H 0 2 K 1/27 5 0 1 A

H 0 2 K 7/14 Z

H 0 2 K 21/16 M

【手続補正書】

【提出日】平成 18 年 10 月 25 日 (2006.10.25)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】圧縮機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 流体を圧縮する圧縮機構と、該圧縮機構を駆動する駆動力を発生する電動機と、該電動機と前記圧縮機構を連結して電動機の駆動力を圧縮機構に伝達するクランク軸と、を備え、前記クランク軸の前記電動機に対する軸方向一端側のみが支持された圧縮機において、

前記クランク軸の共振周波数は、クランク軸の最大運転回転速度と前記電動機の極数の積よりも大なることを特徴とする圧縮機。

【請求項 2】

流体を圧縮する圧縮機構と、前記圧縮機構を駆動するための駆動力を発生する電動機と、該電動機と前記圧縮機構を連結して電動機の駆動力を圧縮機に伝達するクランク軸と、前記クランク軸の前記電動機に対する軸方向一端側のみを支持する軸受と、を備えた圧縮機において、

前記電動機の回転子の重量を  $m$ 、前記クランク軸の直径を  $d$ 、前記電動機の極数を  $P$ 、前記回転子の軸方向の厚さを  $l_a$ 、前記回転子の前記軸受け側の端面から前記軸受けの前記回転子側の端面までの距離を  $l_b$ 、前記軸受けの軸方向の長さを  $l_c$ 、前記クランク軸の最大運転回転数を  $f_m$  とし、

【数 1】

$$A = 6.17 \times 10^8$$

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

$$L = \frac{1}{2} l_a + l_b + \frac{3}{5} l_c$$

としたとき、

【数 2】

$$f_m < \frac{1}{2\pi P} \sqrt{\frac{AI}{mL^3}}$$

を満たすことを特徴とした密閉型圧縮機。

【請求項 3】 前記電動機の極数 P は、P 6であることを特徴とする請求項 2 記載の圧縮機。

【請求項 4】 前記電動機は、DC ブラシレスモータであることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか一つに記載の圧縮機。

【請求項 5】 前記電動機の回転子の鉄心は、内部に永久磁石を配置した構造であることを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか一つに記載の圧縮機。

【請求項 6】 前記永久磁石は、希土類系磁石からなることを特徴とする請求項 5 記載の圧縮機。

【請求項 7】 前記圧縮機が屋内に設置されることを特徴とする請求項 1 ～ 6 の何れか一つに記載の圧縮機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、圧縮機に関するものであり、例えば除湿機や冷蔵庫等の冷凍機に使用される圧縮機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

図 5 及び図 6 は、従来の圧縮機を示し、より具体的には、図 5 は電動機の軸方向片側のみに軸受けを有するロータリ式密閉型圧縮機の断面図を示し、図 6 は図 5 に示す電動機として用いた 4 極の鉄心内部磁石埋込型 DC ブラシレスモータの構造を示す平面図である。

【0003】

図 5 において、1 はケースとしての密閉容器であり、密閉容器 1 は、下部には圧縮機構 2 を、上部には圧縮機構 2 を駆動する電動機 3 を収容している。4 は圧縮機構 2 における圧縮室を示し、5、6 はシリンダ 7 とともに上記圧縮室 4 を形成する上、下軸受けである。これら上、下軸受け 5、6 は、電動機 3 の軸方向の片側一方向、図 5 における電動機 3 の下部にのみ存在している。8 は電動機 3 の回転子回転軸と一体に形成されたクランク軸であり、このクランク軸 8 は軸受け 5、6 により支持されている。9 はローリングピストンである。

【0004】

電動機 3 は、回転子 10 と固定子 11 より構成され、回転子 10 は薄板電磁鋼板をブレ

ス抜きしたものを積層した構造で永久磁石挿入孔 12 を有する鉄心部 13 と、鉄心部磁石挿入孔 12 内部に配置される永久磁石 14、永久磁石を保持する端板 15、圧縮機構のトルク変動に対しバランスを取るためのバランスウェイト 16 及び端板 15 やバランスウェイト 16 を回転子鉄心 13 と結合させるリベット 17 により構成される。固定子 11 は回転子鉄心 13 と同様に薄板電磁鋼板をプレス抜きしたものを積層した構造の鉄心部 18、固定子鉄心部 18 に巻回された界磁巻線 19 より構成される。また、回転子 10 と固定子 11 の間には空隙 20 が設けられている。

#### 【0005】

図 6 において、回転子 10 は、薄板電磁鋼板をプレス抜きした回転子鉄心 13 に、磁石挿入孔 12、リベット挿入孔 21、クランク軸挿入孔 22、積層した薄板鉄心を連結するためのカシメ 23、騒音および電動機の効率向上のために付設されたスリット 24 が打ち抜かれたものを積層して構成されている。磁石挿入孔 12 には、永久磁石 14 が S 極と N 極が交互になるように設置されている。また、このように回転子鉄心 13 に磁石を配置する構造の鉄心内部磁石埋込型 DC ブラシレスモータでは、永久磁石 14 の外周側に磁極鉄心部 25 が存在する。

#### 【0006】

一方、固定子 11 は、薄板電磁鋼板をプレス抜きした回転子鉄心 18 に、ティース部 26、スロット部 27 を打ち抜いたものを積層して構成されている。スロット部 27 には界磁巻線 19 が 1 コイルあたりスロットピッチ角 で巻回されている。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような従来の圧縮機は下記の問題点を有していた。

すなわち、図 5、図 6 に示す鉄心内部磁石埋込型 DC ブラシレスモータにおいては、回転子鉄心 13 に配置される永久磁石 14 の外周部に磁極鉄心部 25 が存在するため、固定子巻線 19 により励磁された磁束が回転子磁極鉄心部 25 を通り、回転子 10 を固定子側に引き寄せようとする磁気吸引力が発生する。

#### 【0008】

この磁気吸引力は、固定子 10 と回転子 11 の間の空隙 20 の間隔が均等である場合には、回転子各極でバランスするために問題とならないが、回転軸の偏心や軸の倒れ等により空隙 20 にアンバランスが生じると、各極間の磁気吸引力がつり合わなくなり、回転数の極数倍の周波数をもつ加振力が発生する。この加振力と偏心に対する感度は、鉄心内部磁石埋込型の DC ブラシレスモータでは非常に敏感なため、量産組立時に生産されるすべての圧縮機でこの加振力が発生しないように空隙 20 を管理することはきわめて困難であり、この問題が、圧縮機の騒音、振動の加振源の一つとなっている。

#### 【0009】

また、軸受けが回転子の軸方向の片側一方向にのみ存在する密閉型圧縮機では、運転時の回転軸のたわみによる軸共振周波数が存在するため、この共振周波数に前記加振力の周波数が一致すると、大きな騒音、振動が発生するという問題があった。

#### 【0010】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、軸受けが電動機の片側一方向にのみ存在する圧縮機において、低騒音化及び低振動化を図ることを目的とするものである。

#### 【0011】

##### 【課題を解決するための手段】

第 1 の発明に係る圧縮機は、上記課題を解決するため、流体を圧縮する圧縮機構と、該圧縮機構を駆動する駆動力を発生する電動機と、該電動機と前記圧縮機構を連結して電動機の駆動力を圧縮機構に伝達するクランク軸と、を備え、前記クランク軸の前記電動機に対する軸方向一端側のみが支持された圧縮機において、前記クランク軸の共振周波数は、クランク軸の最大運転回転速度と前記電動機の極数の積よりも大なることを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

第2の発明に係る圧縮機は、上記課題を解決するため、流体を圧縮する圧縮機構と、前記圧縮機構を駆動するための駆動力を発生する電動機と、該電動機と前記圧縮機構を連結して電動機の駆動力を圧縮機に伝達するクランク軸と、前記クランク軸の前記電動機に対する軸方向一端側のみを支持する軸受と、を備えた圧縮機において、前記電動機の回転子の重量を $m$ 、前記クランク軸の直径を $d$ 、前記電動機の極数を $P$ 、前記回転子の軸方向の厚さを $l_a$ 、前記回転子の前記軸受け側の端面から前記軸受けの前記回転子側の端面までの距離を $l_b$ 、前記軸受けの軸方向の長さを $l_c$ 、前記クランク軸の最大運転回転数を $f_m$ とし、

【 0 0 1 3 】

【数3】

$$A = 6.17 \times 10^8$$

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

$$L = \frac{1}{2} l_a + l_b + \frac{3}{5} l_c$$

としたとき、

【 0 0 1 4 】

【数4】

$$f_m < \frac{1}{2\pi P} \sqrt{\frac{AI}{mL^3}}$$

を満たすことを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

また、前記電動機の極数 $P$ は、 $P \geq 6$ であってもよい。

【 0 0 1 6 】

さらに、前記電動機は、DCブラシレスモータであってもよい。

【 0 0 1 7 】

またさらに、前記電動機の回転子の鉄心は、内部に永久磁石を配置した構造であってもよい。

【 0 0 1 8 】

さらにまた、前記永久磁石は、希土類系磁石であってもよい。

【 0 0 1 9 】

またさらに、前記圧縮機が屋内に設置されるものであってもよい。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

以下、本発明の実施の形態1を図面を用いて説明する。

図1、図2は、本発明に係る圧縮機を密閉型圧縮機に適用した場合の実施の形態1を示す図であり、図1は圧縮機全体の断面図であり、図2は図1に示された鉄心内部磁石埋込型DCブラシレスモータの構造を示す平面図である。

【 0 0 2 1 】

本実施の形態 1 においては、図 1 に示す回転子 10 に設置される永久磁石 14 にはフェライト系磁石材を用いている。また、回転子重量低減のために、圧縮機の必要とする出力を維持することを考慮した上で、回転子の外径、鉄心の積み巾を可能な限り小さくしてある。

なお、図 1、図 2 に示した本実施の形態 1 の説明においては、重複した説明を避けるため、図 5、図 6 に示したと構成と同じものには、同じ符号を付してその説明は省略するものとする。

【0022】

まず、本実施の形態 1 においてにおいては、クランク軸 8 の軸共振周波数を、軸受け部 5、クランク軸 8 および回転子 10 を、はりと集中加重の系と考え次ぎの通り近似する。

クランク軸 8 の直径を  $d$  [mm] とすると、軸の断面 2 次モーメント  $I$  は、

【0023】

【数 5】

$$I = \frac{\pi}{64} d^4$$

で求められ、電動機回転子鉄心の積み厚を  $l_a$  [mm]、電動機回転子鉄心の軸受け側端面から軸受けの電動機回転子側の端面までの距離を  $l_b$  [mm]、軸受けの長さを  $l_c$  [mm] としたときに、はりの長さを  $L$  [mm] とすると、

【0024】

【数 6】

$$L = \frac{1}{2} l_a + l_b + \frac{3}{5} l_c$$

で近似できる。

【0025】

次に、電動機の回転子の重量を  $m$  [kg] とすると、クランク軸 8 の軸共振振動数  $f_s$  は、

【0026】

【数 7】

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{AI}{mL^3}}$$

$$A = 6.17 \times 10^8$$

で求められる。

【0027】

圧縮機は、その使用用途により使用される運転回転数の範囲が異なり、その運転範囲内での最大運転回転数を  $f_m$  [Hz]、回転子の極数を  $P$  とすると、

【0028】

【数 8】

$$f_m < \frac{1}{2\pi P} \sqrt{\frac{AI}{mL^3}}$$

と設計することにより、圧縮機の運転範囲において運転回転数の極数倍の周波数をもつ加振力の影響を受けることがなくなり、圧縮機の低騒音および低振動化を図ることができる。このように設定することは、言い換えれば、クランク軸 8 の共振周波数が、クランク軸の最大運転回転速度と電動機の極数の積よりも大きくなることを意味する。

【0029】

また、DC ブラシレスモータのトルク  $T$  は、永久磁石による空隙磁束密度  $B$ 、固定子巻線に流れる圧縮機運転電流  $i$ 、回転子の積み厚  $l_a$  とすると

【0030】

【数9】

$$T \propto Bil_a$$

で表される。ここでは、回転子を小型化しているため、小型化していない回転子と同一トルクを出力する場合を考えると、圧縮機運転電流  $i$  は大きくなる傾向にある。巻線抵抗を  $R$  とすると電動機の損失の一つである銅損  $W_c$  は、

【0031】

【数10】

$$W_c \propto i^2 R$$

で表される。

【0032】

そこで、電動機の極数  $P$  を 6 極以上と多極化することで、同一外径の 4 極の固定子と比べ、1 コイルあたりのスロットピッチ角 が小さくなる為、固定子に巻回してある巻線 19 の周長が短くてすみ、巻線抵抗を抑え、銅損を小さくすることができる。

また、空隙磁束密度  $B$  を同じにするために 1 つの極が受け持つ磁束量が、多極化するほど低減されるため、鉄心間ピーク磁束を減少させることができ、磁気飽和を回避し鉄損を低減することができる。

【0033】

一般的に、圧縮器を用いた除湿機、冷蔵庫等においては圧縮機を他の部品と共に一つの筐体内に配置するため、騒音源となる圧縮機が屋内に設置されることになる。本実施の形態の圧縮機は屋外に設置された場合にも効果があるのは勿論であるが、屋外に比べ一層の騒音対策が必要な上記例のような除湿機や冷蔵庫等の屋内に本実施の形態の圧縮機を設置する場合には特に効果的である。

【0034】

なお、本実施の形態 1 の例では、ロータリ式圧縮機を用いているが、軸受けが電動機の軸方向の一方向側のみに存在する構造であれば、他の圧縮機にも適用できることは勿論であり、例えば、レシプロ式、スクロール式等の圧縮機についても適用可能である。

【0035】

実施の形態 2 .

以下、この発明の実施の形態 2 を図面を用いて説明する。

図 3、図 4 は、本発明に係る圧縮機を密閉型圧縮機に適用した場合の実施の形態 2 を示す図であり、図 3 は圧縮機全体の断面図であり、図 4 は図 3 に示された鉄心内部磁石埋込型 DC ブラシレスモータの構造を示す平面図である。なお、図 3、図 4 に示した本実施の形態 2 の説明においても、上述の第 1 の実施の形態の説明と同様に重複した説明を避けた

め、図 5、図 6 に示したと構成と同じものには、同じ符号を付してその説明は省略するものとする。

【 0 0 3 6 】

本実施の形態 2 が上述の実施の形態 1 と異なる点は、図 3 に示す回転子 10 に設置される永久磁石 14 に希土類系磁石材を用いたことである。このように、残留磁束密度の高い希土類系磁石材を用いることによって、磁石の大きさを小さくしても必要十分な磁束を確保できるようになり、磁束を下げることなく回転子の小型化が可能であり、回転子外径や積み厚に対し設計の自由度が増すという利点がある。

【 0 0 3 7 】

さらに本実施の形態 2 では、図 3 に示すように固定子の巻線を隣り合うスロットに集中直巻きする方法を採用しており、これにより、図 2 で示した分布巻きに比べスロットピッチ角 をさらに小さくすることができ、電動機の小型化および高効率化を図ることができる。

【 0 0 3 8 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、圧縮機の運転回転数範囲内において、鉄心内部磁石埋込型 DC ブラシレスモータを使用した密閉型圧縮機特有の、圧縮機運転回転数と回転子極数の積の周波数を持つ加振力の影響を回避し、低騒音、低振動化を図ることが可能である。

また、圧縮機を屋内に設置するようなシステムに、上記のように騒音低減効果がある本発明を適用した場合、特に効果的である。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明に係る圧縮機の実施の形態 1 の構造を示す断面図。

【 図 2 】 図 1 に示された電動機の構造を示す平面図。

【 図 3 】 本発明に係る圧縮機の実施の形態 2 の構造を示す断面図。

【 図 4 】 図 3 に示された電動機の構造を示す平面図。

【 図 5 】 従来の圧縮機の構造を示す断面図。

【 図 6 】 従来の圧縮機に用いられた電動機の構造を示す平面図。

【 符号の説明 】

- |    |            |    |           |    |           |   |       |
|----|------------|----|-----------|----|-----------|---|-------|
| 1  | 密閉容器（ケース）、 | 2  | 圧縮機構、     | 3  | 電動機、      | 4 | 圧縮室   |
| 5  | 上側軸受け、     | 6  | 下側軸受け、    | 7  | シリンダ、     | 8 | クランク軸 |
| 9  | ローリングピストン、 | 10 | 回転子、      | 11 | 固定子、      |   |       |
| 12 | 磁石挿入孔、     | 13 | 回転子鉄心、    | 14 | 永久磁石、     |   |       |
| 15 | 端板、        | 16 | バランスウェイト、 | 17 | リベット、     |   |       |
| 18 | 固定子鉄心、     | 19 | 固定子巻線、    | 20 | 空隙、       |   |       |
| 21 | リベット挿入孔、   | 22 | クランク軸挿入孔、 | 23 | カシメ、      |   |       |
| 24 | スリット、      | 25 | 磁極鉄心部、    | 26 | 固定子ティース部、 |   |       |
| 27 | 固定子スロット部   |    |           |    |           |   |       |