

オイルレスヘリカルコンプレッサ

Oilless Helical Compressor

福田 岳 奥田 正幸 平山 卓也

FUKUDA Takashi

OKUDA Masayuki

HIRAYAMA Takuya

東芝キャリア(株)は、2000年10月、冷蔵庫、ルームエアコンなどに用いられる冷媒圧縮機として、独自の圧縮機構を持ち高性能なヘリカルコンプレッサを世界で初めて開発したが、今回、このヘリカルコンプレッサを、潤滑油を使わないオイルレス仕様で新たに開発した。

このオイルレスコンプレッサは空気を圧縮するもので、クリーン環境向け、医療用、食品加工用、その他産業用などで、潤滑油を使用できない機器に用いられる。これらの用途において、ヘリカル機構の特長を生かして、従来のコンプレッサと比べて低消費電力、コンパクト、低騒音・低振動を実現できる。

The compressor is the key component in air conditioners and refrigerators that compresses the refrigerant. In 2000, Toshiba Carrier Corp. developed and launched the helical compressor featuring an original compression mechanism with excellent performance.

This paper introduces the development of a new oilless helical compressor, which is a new oil-free type helical compressor for air compression applications. Oil-free type compressors have a wide range of applications, such as clean environment equipment, medical equipment, food-processing equipment, and various other types of industrial equipment, where oil can be a contaminant. The new oilless helical compressor takes advantage of the essential benefits of its compression mechanism to provide superior performance for these applications, including low energy consumption, downsizing, and low noise and vibration.

1 まえがき

近年、地球環境への関心が高まるなか、東芝キャリア(株)では、冷凍・空調業界において環境保護に向けた積極的な取り組みを行っている。過去にはオゾン層保護のためのフロン類の切替え、近年では地球温暖化に配慮し、冷蔵庫やエアコンの省エネルギー(以下、省エネと略記)化に貢献してきた。気体を圧縮する機能を持つ機構部品であるコンプレッサは、冷蔵庫、ルームエアコンなどにおいて、冷媒を圧縮するキー部品である。コンプレッサに対する取り組みの一つとして、2000年10月に、当社独自の圧縮機構を持つヘリカルコンプレッサを世界で始めて開発し、これを搭載した冷蔵庫の省エネ化、コンパクト化、低騒音・低振動化に貢献した⁽¹⁾。この開発は、社外を含む多くから注目された(2000年日経優秀製品・サービス賞、第36回機械振興協会賞、2000年度日本機械学会賞技術賞を受賞)。

気体を圧縮するコンプレッサが用いられる機器は、冷凍・空調機器以外にも多数あり、空気を圧縮し圧縮機構に潤滑油を用いないオイルレス(オイルフリー)コンプレッサは、クリーン環境向け、医療用、食品加工用、その他産業用に幅広いニーズがある。しかし、オイルレスコンプレッサは、通常機構部品の潤滑に用いる油を使うことができないため、その信頼性の確保が開発における課題である。このため従来は、レ

シプロ式、ダイアフラム式などの往復動式が主流であった。

今回、当社は、回転式であるヘリカルコンプレッサにおいてこの信頼性の課題を克服し、オイルレス仕様のヘリカルコンプレッサを開発した。この新コンプレッサは、ヘリカル機構の特長を生かし、搭載機器に低消費電力、低騒音・低振動、コンパクト化を提供することができ、機器の高性能化が可能となる。

ここでは、このオイルレスヘリカルコンプレッサの開発の概要について述べる。

2 オイルレスコンプレッサの動向

コンプレッサには、通常、圧縮機構部に潤滑油が存在するが、オイルレスコンプレッサでは、この潤滑油を使わないため、オイルレス特有の技術課題がある。コンプレッサの圧縮方式には様々なものがあるが、各方式のオイルレスコンプレッサの動向と特徴は次のとおりである。

2.1 往復動式コンプレッサ

オイルレスコンプレッサとして現在主流なのは、レシプロ式、又は、ダイアフラム式などの往復動式である。

レシプロ式は、構造が簡単であり、摺動(しゅうどう)(互いにこすれ合う)部分にフッ素樹脂を導入することで、油がなくても耐摩耗性、耐漏れ性を確保するのが比較的容易であ

る。しかし、往復動式は、部品を往復動させるため騒音や振動が大きく、防音、防振装置が必要な場合があり、搭載機器の小型化が難しいという問題点がある。

ダイヤフラム式は、圧縮室の容積変化をダイヤフラムの変形で行うため、圧縮部に摺動部がなく、摩耗問題、漏れ問題を考慮する必要がない。しかし、耐高負荷性、長期信頼性を求められる機器においては、長期の繰返し変形に耐える高い疲労強度を持つダイヤフラム材料が求められる。

2.2 回転式コンプレッサ

コンプレッサの他の主な方式として、ロータリ、スクロールなどの回転式がある。ヘリカルコンプレッサは、この回転式の一つである。回転式は、往復動式に比べ本質的に圧縮効率が高く、また部品を回転させる構造のため低振動である。

ロータリ式は、冷凍・空調機器向けでは高性能コンプレッサとして威力を発揮するが、ベーン回りの摺動条件が厳しく、摺動部にフッ素樹脂を導入しても、オイルレス仕様では耐摩耗性を確保することが難しい。

スクロール式は低騒音・低振動であり、またフッ素樹脂で摺動部の耐摩耗性を確保することも可能である。しかし、圧縮室を構成する二つのスクロールが発熱によって変形し、それらの間に漏れを生じて性能が低下しやすく、これを防止する放熱構造が機器の大型化と複雑化を招いてメリットを低下させる場合が多い。

2.3 ターボ式コンプレッサ

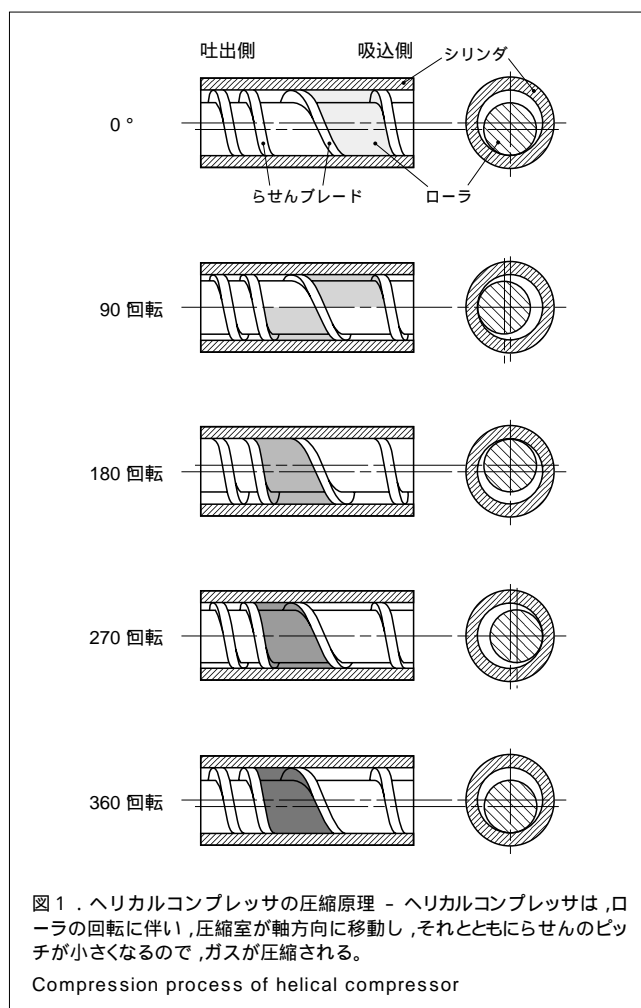
その他の圧縮方式としてターボ方式があるが、高回転数でないと十分な圧力上昇が得られず、また小型システムには不向きであり用途に限られる。

3 ヘリカルコンプレッサの基本原理解

当社オリジナルの圧縮機構であるヘリカルコンプレッサの基本圧縮原理を図1に示す⁽¹⁾。ヘリカルコンプレッサの圧縮機構は、らせんブレード、ローラ、シリンダの3種類の部品から成り、この三つの部品に囲まれた三次元形状の複数の部屋が圧縮室となる。らせんブレードが、ローラの外周に形成されたらせん溝を出入りしつつ、ローラが公転運動するにつれ、圧縮室が軸方向に移動するとともに、徐々に小さくなって圧縮が行われる。

ヘリカルコンプレッサは、次の特長を持つ。

- (1) 高効率 圧縮室を複数持ち圧縮過程でのガスリークを少なくできるので高い圧縮効率を得られる。
- (2) 低騒音・低振動 圧縮過程に弁が不要なため低騒音であり、またトルク変動も非常に小さく低振動である。このため防音装置、防振装置を少なくでき搭載機器のコンパクト化を実現できる。



4 オイルレス仕様としてのヘリカルコンプレッサの開発

ヘリカルコンプレッサをオイルレス仕様とする場合の技術的課題をまとめると以下ようになる。

- (1) 耐摩耗性 摺動する部分の耐摩耗性を、潤滑油なしにどう確保するか
- (2) 性能(シール性の向上) 潤滑油なしで、すき間からのガスリークをどのようにして少なくするか
- (3) 放熱の確保 気体圧縮の際の熱及び摩擦による発熱を、放熱冷却することにより、コンプレッサ温度を下げる方策

これらの課題に対し以下の対応を行った。

4.1 耐摩耗性

オイルレス仕様の開発においてもっともポイントとなったのは、らせんブレード材料の耐摩耗性向上である。ヘリカルコンプレッサは、もともらせんブレードにフッ素樹脂を使っているとはいえ、油のある場合とない場合では材料の耐摩耗性は大きく異なる。このため、従来の材料開発の成果を基礎

にして、新たなブレード材料を開発した。また、この過程において、材料メーカー、成型メーカー、東芝研究開発センターと共同開発を行い、テーブルテストによる材料スクリーニング、及び新たな解析方法の構築によって材料の持つ特性の限界を把握し、設計に反映した。

これらの技術開発の結果を、耐久試験を例に説明する。従来材料と新開発材料のコンプレッサ耐久試験におけるブレード材の摩耗の推移を図2に示す。従来材料は、初期摩耗の後も大きな摩耗の傾向を示すが、新開発材料は初期摩耗の後、摩耗がほとんど進行しない定常状態に移行することがわかる。このように、耐摩耗性に優れた材料開発の結果、開発品はオイルレス仕様にもかかわらず長寿命なコンプレッサとすることができた。

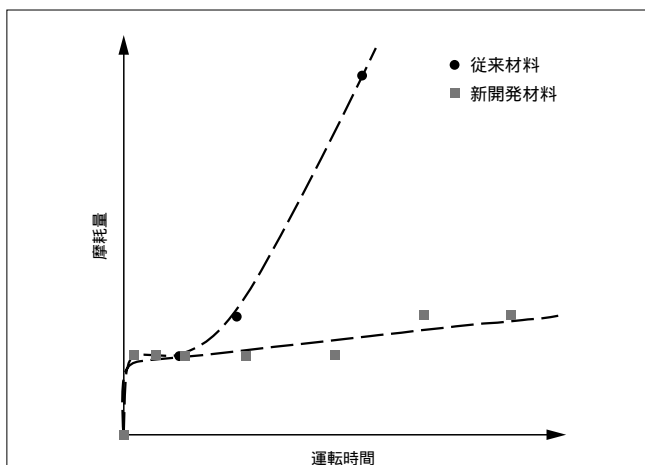


図2．新開発材料でのコンプレッサ耐久試験ブレード摩耗量 - 新開発材料では、初期摩耗の後、摩耗がほとんど進行せず長期にわたって優れた信頼性を実現できる。

Blade wear in compressor durability test using newly developed material

4.2 性能(シール性の向上)

ヘリカルコンプレッサは、複数の圧縮室で徐々に圧縮を行うため、各圧縮室間の圧力差が小さく本質的に漏れが少ない(図1参照¹⁾)。しかし、オイルレスコンプレッサでは油を使用しないため、各部のクリアランスをできるだけ小さくすることが高性能を維持するために必要である。そのため、次の三つの施策を行った。

- (1) 運転条件に応じて最適な圧縮過程を自由に設計できるというヘリカル機構の特長を生かし、新材料の耐摩耗性に見合った室間圧力差を持つらせん仕様を設計した。
- (2) 東芝生産技術センターとの共同開発で、ブレード形状精度の量産ばらつきを最小限に抑え、圧縮部のクリアランス公差を確保した。
- (3) ローラ、シリンダ、軸受という圧縮部のメイン部品を同

一の熱膨張率のアルミニウム材料で構成した。

このことにより、様々な回転数など幅広い運転条件で、部品すき間の拡大を極小に保ち高性能を維持する仕様とした。また、結果としてコンプレッサの軽量化も達成した。

4.3 放熱の確保

気体圧縮の際の発熱及び摩擦による発熱は、コンプレッサ部品の温度上昇の原因になる。温度が上昇すると、圧縮効率の低下、信頼性低下などの要因になる。ヘリカルコンプレッサの場合、樹脂材料のらせんブレードはローラとシリンダに挟まれており、また気体圧縮による発熱源の圧縮室も同様にローラとシリンダに挟まれている。オイルレスヘリカルコンプレッサでは、放熱を有効に行うために、ローラについては内部にファンで通風し、またシリンダについては外面に放熱フィンを設けた。以上により、圧縮部の効果的な冷却を実現した(図3)。

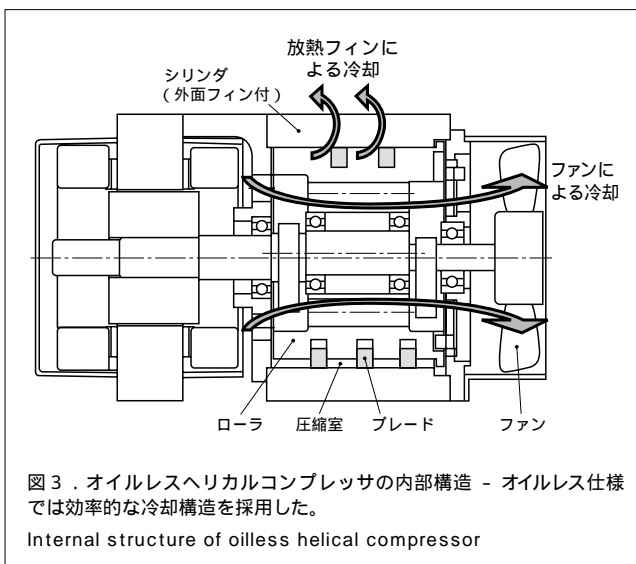


図3．オイルレスヘリカルコンプレッサの内部構造 - オイルレス仕様では効率的な冷却構造を採用した。

Internal structure of oilless helical compressor

5 開発品の概要

今回開発したオイルレスヘリカルコンプレッサの外観を図4に示す。対象流体は空気である。図4の左側がモータ部、右側が圧縮機構部である。

圧縮機構部は、シリンダ外面の放熱フィンにより独特の外観を持っている。

また、開発したオイルレスヘリカルコンプレッサの主な仕様を表1に示す。DC(直流)インバータモータを採用し、幅広い流量範囲に対応可能、かつ高効率である。新開発オイルレスヘリカルコンプレッサによって、搭載機器の大幅な性能向上が実現できると考える。

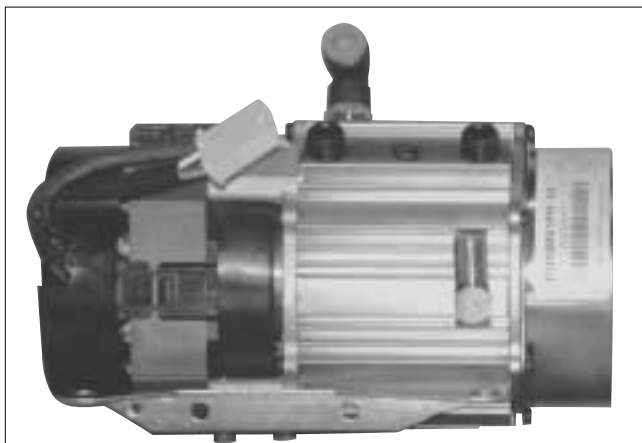


図4．オイルレスヘリカルコンプレッサの外観 - 左側がモータ部,右側が圧縮機構部である。

External view of oilless helical compressor

表1．オイルレスヘリカルコンプレッサの主な仕様
Specifications of oilless helical compressor

項目	仕様
寸法(長さ×外径)	231 x 130 mm
質量	6.5 kg
排除容積	18 cm ³
駆動方式	DCインバータ
回転数	20 ~ 50 /s
流量範囲	約20 ~ 45 L/min
吐出圧力	最大110 kPaG

6 あとがき

ヘリカル機構を生かし,オイルレスヘリカルコンプレッサを開発した。このコンプレッサによって,搭載機器の高性能化,高機能化を実現することができると考えている。今後,オイルレス仕様の機種展開を進める予定であり,更に幅広いユーザーニーズに応えていけるものと期待している。

文献

- (1) 奥田正幸,ほか.新世紀へ向けてのヘリカルコンプレッサの展開.東芝レビュー.55,12,2000,p.60-63.



福田 岳 FUKUDA Takashi

東芝キャリア(株)富士事業所 第一コンプレッサー技術部主務。ヘリカルコンプレッサの開発に従事。日本冷凍空調学会会員。

Toshiba Carrier Corp.



奥田 正幸 OKUDA Masayuki

東芝キャリア(株)富士事業所 第一コンプレッサー技術部主務。ヘリカルコンプレッサの開発に従事。日本冷凍空調学会会員。

Toshiba Carrier Corp.



平山 卓也 HIRAYAMA Takuya

東芝キャリア(株)富士事業所 第一コンプレッサー技術部主務。ヘリカルコンプレッサの開発に従事。日本機械学会会員。

Toshiba Carrier Corp.