

日本冷凍空調学会賞 技術賞

オーバル形渦巻を搭載した “ANB100F スクロール圧縮機”

“ANB100F Scroll Compressor” with Oval Scroll Technology

1. はじめに

近年、中国においてはVRF (Variable Refrigerant Flow) ユニット市場が急速に拡大している。また、制御の簡易性から、一つのユニットに対し一台の圧縮機を搭載したシンプルな構成の需要が増加している。これに伴い、スクロール圧縮機の高出力化が必要となり、圧縮機のサイズが大型化するという課題がある。これに対して筆者らは、圧縮機出力の上限拡大技術として、オーバル(楕円)形渦巻を開発し、これを搭載したANB100Fスクロール圧縮機(図1)を量産した。

2. 製品概要

2.1 当社スクロール圧縮機の特徴

当社スクロール圧縮機的主要用途は、VRFなどの空調/ATW (Air to Water)であり、社内のみならず、中国のVRFメーカー、欧州のATWメーカー向けにも供給しており、圧縮機のフレームサイズ違いで3シリーズをラインナップしている。フレームサイズφ122のD形は2.5～6 HP、φ160のA形は6～22 HP、φ180のB形は22～28 HPのシリーズで量産している。

当社スクロール圧縮機の最大の特徴は、当社独自の



岩竹 渉*
Wataru IWATAKE

工藤大祐*
Daisuke KUDO

渡邊大輔*
Daisuke WATANABE

舟越俊弘*
Toshihiro FUNAKOSHI

須藤有亮*
Nariaki SUDO

背圧制御方式のフレームコンプライアンス機構である。この機構はフレームをガイドフレーム、コンプライアンスフレームの二つの部品に分割することで二つの背圧室を形成し、この二つの背圧室の圧力制御により摺動損失および圧縮中の漏れ損失を低減している。これにより、当社は運転範囲全域で高効率な圧縮機を実現している。今回、このフレームコンプライアンス機構に加えて、新たに上限拡大技術として、オーバル形渦巻を採用したANB100Fスクロール圧縮機を開発した。

2.2 ANB100F 搭載ユニット

今回開発したANB100Fスクロール圧縮機は、2020年12月から中国メーカーの20～22 HPのVRFユニットに搭載されている。本圧縮機を導入することで、従来、一台の室外機に対して二台の圧縮機を使用する形態(タンデム使い)を、一台の圧縮機を使用する形態(一台使い)とすることが可能になった。これにより、圧縮機の信頼性確保、ユニット制御の簡易化、およびコスト低減に貢献した。

3. 開発技術

3.1 開発背景

圧縮機のフレームサイズを大型化することなく出力を増加させる上限拡大技術は、回転速度を増加させる技術と、吸入容積を拡大させる技術に分類される。回転速度を増加させる場合、摺動損失が増大し圧縮機の省エネ性が低下する可能性がある。また、吸入容積を増加させる場合、渦巻の歯高を高くすることがもっとも効果的だが、渦巻根元の応力が增大するため、圧縮機の信頼性が低下

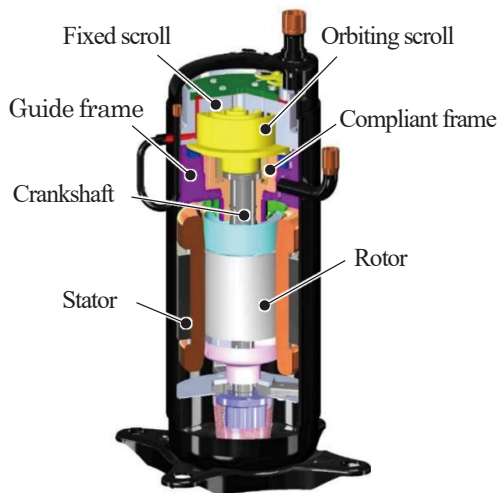


図1 ANB100Fスクロール圧縮機

*三菱電機株

Mitsubishi Electric Corporation

原稿受理 2023年2月15日

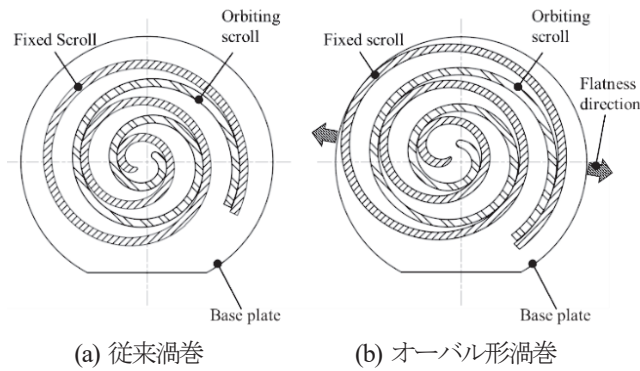


図2 揺動スクロールの渦巻形状

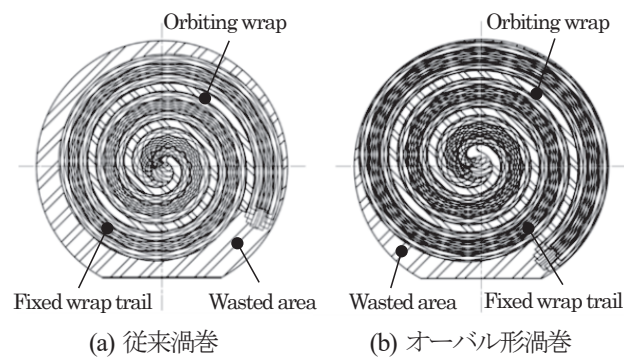


図3 揺動スクロールの歯先摺動面

する懸念がある。そこで、省エネ性、信頼性の観点から、従来の渦巻形状では冷媒の圧縮に利用できない無駄スペースを有効活用し、吸入容積を水平方向に拡大するオーバル形渦巻を考案した。

3.2 渦巻幾何理論

図2に従来渦巻とオーバル形渦巻の形状の一例を、図3に従来渦巻とオーバル形渦巻の歯先摺動面の一例を示す。揺動スクロールの渦巻が立設される台板は一般的に円形を成しているが、揺動スクロールが旋回運動したときの渦巻の歯先摺動面は円形でなく、巻き終わり方向に長い長円に近い形状となる。このため、従来は図3に示すように、揺動スクロールの台板の一部に吸入容積として利用できず、冷媒の圧縮に活用されない無駄なスペースが多く生じていた。そこで、揺動スクロールの台板上のスペースを有効に利用するため、図2(b)、図3(b)に示すように、渦巻をオーバル形にして、渦巻の歯先摺動面を円形に近づけることで、揺動スクロールの台板上のスペースを吸入容積に有効に利用した。

式(1)、(2)および(3)に今回開発したオーバル形渦巻の曲線式を示す。ここで $a(\theta)$ は基礎円半径、 a は扁平率、 θ は伸開角である。また、 ζ は渦巻の回転方向を決

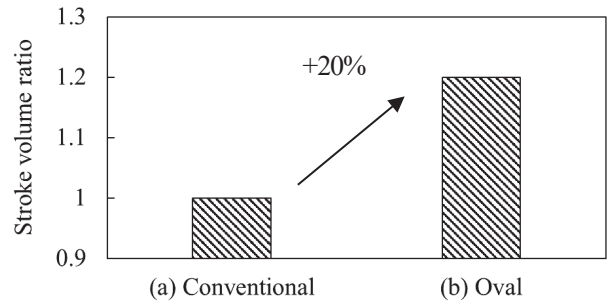


図4 渦巻の吸入容積比

める角度、 ζ は扁平方向を決める角度である。従来は一定であった渦巻の基礎円半径を伸開角 θ の関数で与えていることが特徴である。これにより、渦巻を基礎円半径 $a(\theta)$ が最大となる伸開角 θ の方向に扁平形状とすることができる。

$$x = a(\theta) (\cos(\theta - \zeta) + \theta \sin(\theta - \zeta)) \quad (1)$$

$$y = a(\theta) (\sin(\theta - \zeta) - \theta \cos(\theta - \zeta)) \quad (2)$$

$$a(\theta) = a_{\min} (1 + \alpha \sin^2(\theta - \zeta)) \quad (3)$$

3.3 吸入容積拡大効果

図4に従来渦巻に対するオーバル形渦巻の吸入容積の比を示す。一例として、フレームサイズ $\phi 122$ 、台板形状、組込容積比2.3、揺動半径4.15は同一とし、従来渦巻の吸入容積を36.3 ccとした場合について試算した。

渦巻形状をオーバル形にすると、冷媒の圧縮に使えない余剰面積は半減し、従来と比較して吸入容積が最大で20%拡大することが可能である。なお、両者の強度、剛性はCAEによって同等であることを確認している。

3.4 加工および検査技術の工夫

オーバル形渦巻の基礎円半径は伸開角 θ によって変化するため、従来の加工や検査技術を流用することはできない。そこで、従来の加工・検査技術を一から見直し、オーバル形渦巻のような複雑な形状に対しても対応可能な加工・検査プログラムの新規作成や検査治具の新規作製を実施し、オーバル形渦巻の生産体制を整えた。

4. おわりに

今回開発したオーバル形渦巻は、上限拡大技術としてANB100Fスクロール圧縮機に導入したが、上限拡大だけでなく、省エネ性改善にも活用可能である。今後、冷媒規制による自然冷媒の普及や空調冷熱市場の拡大に伴い、上限拡大技術であるオーバル形渦巻の需要はますます多くなると想定される。今後も技術開発を進め、空調冷熱機器の業界発展に貢献したい。