

日本冷凍空調学会賞 技術賞

大容量高効率ロータリ圧縮機 「1000A4 シリーズ」

Large Capacity and High Efficiency Rotary Compressor 「1000A4 series」

1. はじめに

環境負荷低減のため、冷凍空調システムにおいても、省エネルギー・省資源化がますます求められてきている。また、輸送や施工の効率を考えると、システムの軽量化も重要となり、製品重量あたりの冷凍能力を高めることが必要となる。これらの要求に応えるためには、心臓部となる圧縮機を高効率・大容量化し、システムあたりの圧縮機数を減らすことが有効な手段と考えられる。

当社では、高効率で経済的という特長で小形空調機用途ではもっとも普及しているロータリ圧縮機において、その特長を損なうことなく、最大能力をインバータ機種では世界最大級の20馬力超(60kW)まで拡大した新型圧縮機の開発と商品化に成功した。その圧縮機の特徴と導入技術について紹介する。

2. 新型圧縮機の特徴

2.1 外観と主な仕様

新型圧縮機の外観を図1、主な仕様を表1に示す。耐圧安全性の確保と軽量・省資源化のため、ケース内径はφ160未満に抑制しつつ、シリンダディメンジョンの最適化などにより、重量38.2kgという軽量にもかかわらず、排除容積を100cm³確保している。

2.2 体積効率とCOP

新型圧縮機では、ロータリ圧縮機特有の吸込過給効果



平山卓也*
Takuya HIRAYAMA



川辺 功*
Isao KAWABE



里館康治*
Koji SATODATE



青木俊公*
Toshimasa AOKI



岡崎徳臣*
Noriomi OKAZAKI

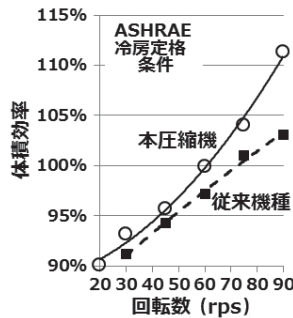


図2 体積効率比較

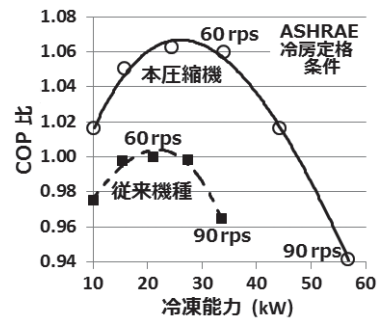


図3 COP比較

を最大限に利用することで、排除容積以上の大能力化を図っている。吸込過給効果とは、冷媒を吸い込む時の周期的な流速変化を利用し、吸込冷媒の慣性過給と吸込管の共鳴過給を併用するもので、図2に示すように、回転数90 rps時の体積効率は111%に達する。

また、図3に冷凍能力に対するCOPの関係を示すが、後述する独自技術と、新開発モータおよびPWMコンバータの採用などにより、当社の従来機種(12馬力クラス)に対し、全能力域でCOP比約6%の向上が得られている。

3. 導入した独自技術

3.1 新吐出構造

ロータリ圧縮機において大容量化する場合、冷媒流量が増大するにつれ、吐出弁を有する吐出ポート通過部での流路損失が大きく増大してしまうという課題があった。

そこで図4に示すように、2シリンダロータリにおいて、吐出ポートを従来の軸受に加え仕切板にも設ける方



図1 圧縮機外観

表1 仕様比較

		本圧縮機	従来機種
圧縮機形態		2シリンダロータリ	
使用冷媒		R 410A	
ケース内径	mm	159.8	148
ケース高さ	mm	432	353
圧縮機重量	kg	38.2	26.3
排除容積	cm ³	100	64
回転数範囲	rps	15 ~ 100	
冷凍能力 (ASHRAE 90 rps時)	kW	56.9	33.5

* 東芝キャリア(株)
Toshiba Carrier Corporation
原稿受理 2018年2月21日

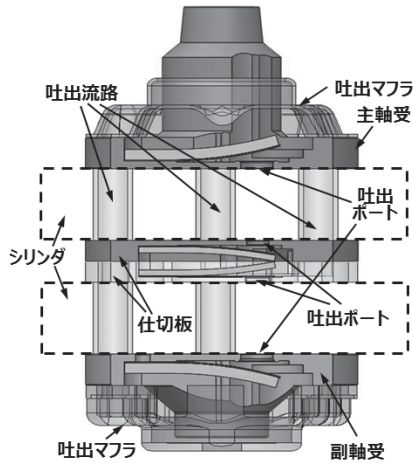


図4 新吐出構造

式を採用した。仕切板は軸方向に分割し、それぞれの仕切板に吐出ポートと吐出弁を設けている。吐出ポートの断面積は軸受と仕切板であえて異ならせ、それに伴い吐出弁の応答性も変え、吐出弁の開閉タイミングをずらし、効果的に過圧縮損失や吐出圧力脈動を低減している。

3.2 軸の細径化と摺動面圧低減の両立

新型圧縮機では、軸摺動損失抑制と量産性・経済性を考慮し、主・副軸受の径は当社従来機種と同一のまま大容量化を図っている。そのため、大容量化による圧縮負荷と軸間距離の増大、振動低減のためにモータに設けるカウンタバランスの重量増大などにより、主・副軸受のシリンダ側および主軸受のモータ側の摺動面圧が局部的に増大するという課題があった。

そこで構造解析を用いて、摺動部の接触面圧を均一にする最適化検討を行い、図5に示すように、主・副軸受のシリンダ側の摺動面においては、面圧緩和リング溝を設け、その溝径と深さを最適化するとともに、形状をテー

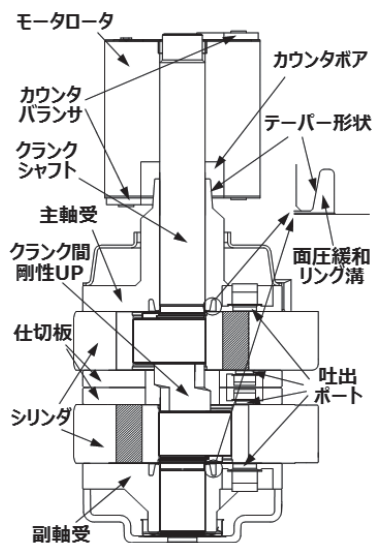


図5 軸摺動部の面圧低減

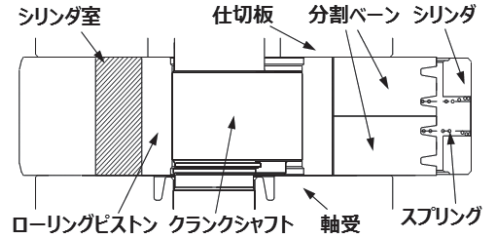


図6 分割ベーン構造

パー化し、シャフトのクランク間の形状についても剛性を強化した。また、主軸受のモータ側の摺動面においては、ボス上部外径をテーパ化しその形状を最適化するとともに、モータ回転子にカウンタボアを設け、主軸受長さをカウンタボア内まで長くすることで対応した。

その結果、最大接触面圧は開発初期に対しほぼ半減し、軸径細化による摺動損失の低減と、軸摺動信頼性確保の両立を図ることができた。

3.3 分割ベーン構造

ロータリ機構のベーン先端とローリングピストンの摺動部は、油膜形成がされにくく接触面圧も高いことから、もっとも厳しい摺動環境にある。特に大容量化により、シリンダ厚みや偏心量が増大した場合、ベーンのローリングピストンへの押付力がさらに大きくなり、接触面圧が局部的にきわめて高くなるという課題があった。そこで、図6に示すようにベーンを軸方向に分割し、ベーン1枚あたりの押付力を低減することで、局部接触面圧の増大を緩和し、摺動信頼性の確保を可能にした。

4. 搭載製品における効果

新型圧縮機は、当社の新型空冷ヒートポンプ式モジュール熱源機 USX-EDGE シリーズに、1モジュールあたり4台搭載されている。圧縮機の小型大容量・高効率化の実現により、前モデルに対し1モジュールあたりの底面積が18%小さいにもかかわらず、定格能力を前モデルの50 HP から業界で唯一の70 HP (200 kW) まで拡大可能にしている。また、60 HP クラスの高 COP タイプ(散水)においては、同クラスで業界 No.1 (2018年1月時点、当社調べ)の「IPLV 6.0」という高い期間成績係数を達成している。

5. おわりに

今回開発した圧縮機は、上記熱源機以外にも、大型空調機や冷凍機などへの搭載が期待されている。ロータリ圧縮機の特長である構成部品のシンプルさや製造のしやすさからくる経済性は、生産台数が増大するほどより高まるため、本圧縮機を低価格でより多くのユーザーに使用頂き、省エネルギー性、省資源性、環境調和性を通じて地球環境保護に貢献していきたい。