

(技術資料)

油冷式スクリュウ圧縮機「Kobelion™ (コベライアン) シリーズ」

濱田克徳*

Oil Injected Screw Compressor Kobelion™ series

Katsunori HAMADA

要旨

コベライアン™ IV型シリーズは、スクリュウ本体の新開発による基本性能の向上に加え、給油方法や機器選定・パッケージ内部の最適設計による圧力損失の低減などにより、省エネルギーを実現した。本稿において、主な特長と技術について紹介する。

Abstract

The new model in the Kobelion™ IV series has realized energy savings by improving basic performance with a newly developed screw body, using a method of lubrication that reduces pressure loss, equipment selection and optimal design inside the package. This paper introduces its main features and technologies.

キーワード

油冷式スクリュウ圧縮機Kobelion™, 直結オーバハング構造, 周囲温度50℃, ワイドレンジ制御, 省エネルギー

まえがき = 2015年にトップランナー規制の導入によるモータの高効率化を進めた我が国をはじめ、中国やシンガポール、ベトナムなど世界各国でモータの効率規制 (MEPS^{注1)}) が始まり、モータの高効率化が進んでいる。また空気圧縮機に対しても、中国では「容積式空気圧縮機能效限定値及能效等級 (GB19153)」によって容積型油冷式空気圧縮機に省エネルギー等級表示が義務化されるなど、省エネルギーへの関心は世界的に高まっている。

当社の油冷式空気圧縮機「Kobelion™^{注2)}」シリーズは、2002年に「Kobelion™ I型 (以下、I型という)」の販売を開始した。その後、2012年に「Kobelion™ II型」、2015年に「Kobelion™ III型 (以下、III型という)」を販売してきた。そしてこの度、第4世代となる「Kobelion™ IV型 (以下、IV型という)」の開発 (以下、本開発という) が完了し、2018年2月より日本市場へ22 kW, 37 kW, 2019年10月より55 kW, 75 kWの販売を開始した。また、中国市場や東南アジア市場をはじめとする海外市場へは、2019年4月より15~37 kW, 2020年1月より45~90 kWの販売を開始した。

これらの商品の特長を次章以降で概説する。

1. 商品コンセプト

当社の汎用空気圧縮機は、播磨工場と中国上海市にある神鋼圧縮機製造 (上海) 有限公司 (以下、KCMSという) の2拠点で生産を行っている。これまで、それぞれの市場に特化した商品の開発・生産を行ってきたが、本開発では「世界中で高品質の機械を提供する」という開発コンセプトを掲げ、「高品質」に加え、「高性能」, 「耐環境性」, 「静音性」を徹底的に追求したグローバルモデルとして開発を進めた。IV型は「直結オーバハング構造」を採用している。この構造はI型から採用しており、スクリュウ圧縮機本体の軸端部にモーターロータを直接取り付けることでモータ軸受が不要となり、メカニカルロスを削減できる。また、使用吐出圧力に応じて最大空気量となるように制御する「ワイドレンジ制御」などを採用している。さらに、「周囲温度50℃でも運転可能」, 「永久磁石モータ (以下、IPMモータという) の油冷ジャケット冷却機構」など、高温環境下においても圧縮機を稼働継続できる耐環境性の向上を実現した。

IV型のラインアップは、インバータ駆動機のVS機、非インバータ駆動機はスタンダードモデルのSG機、および大風量高性能モデルのAG機 (KCMSのみ生産) の3機種となっている。生産工場に対するラインアップおよび仕様を表1に示す。

つぎに、図1にIV型の外観を示す。15~90 kWの機種は生産工場によらず統一デザインとしており、共通モジュール設計により豊富な機種ラインアップと部品の共通化を実現した。

脚注1) Minimum Energy Performance Standard : 高効率法規制で最も広く取り入れられている「最低エネルギー消費効率基準」のこと。

脚注2) Kobelion™は当社の登録商標である。

* 機械事業部門 圧縮機事業部 汎用圧縮機本部 技術部

表1 Kobelion™ IVのラインアップおよび仕様
Table 1 Lineup and specification of Kobelion™ IV

○ Products of Harima Plant

		Without dryer		With dryer	
		Discharge pressure (MPa)	Discharge air flow (m³/min)	Discharge pressure (MPa)	Discharge air flow (m³/min)
VS	22kW	0.4~0.86	4.75~3.82	0.5~0.86	4.75~3.82
	37kW	0.4~0.86	7.7~6.4	0.5~0.86	7.7~6.4
	55kW	0.4~0.86	11.8~9.8	0.5~0.86	11.4~9.8
	75kW	0.4~0.86	15.2~13.0	0.5~0.86	14.8~13.0
SG	22kW	0.75/0.85/1.05	4.15/3.9/3.33	0.75/0.85/1.05	4.15/3.9/3.33
	37kW	0.75/0.85/1.05	7.1/6.4/5.85	0.75/0.85/1.05	7.1/6.4/5.85
	55kW	0.75/0.85/1.05	10.6/10.0/9.1	0.75/0.85/1.05	10.6/10.0/9.1
	75kW	0.75/0.85/1.05	14.0/13.1/12.0	0.75/0.85/1.05	14.0/13.1/12.0

○ Products of KCMS

		Without dryer				Without dryer	
		Discharge pressure (MPa)	Discharge air flow (m³/min)			Discharge pressure (MPa)	Discharge air flow (m³/min)
VS	22kW	0.4~0.86	4.72~3.8	AG	15kW	0.75/0.85/1.05	2.75/2.53/2.18
	37kW	0.4~0.86	7.6~6.3		22kW	0.75/0.85/1.05	4.15/3.9/3.2
	55kW	0.4~0.86	11.8~9.65		37kW	0.75/0.85/1.05	7.3/6.9/6.2
	75kW	0.4~0.86	15.1~12.9		55kW	0.75/0.85/1.05	11.3/10.5/9.6
SG	30kW	0.75/0.85/1.05	5.9/5.4/4.75	75kW	0.75/0.85/1.05	15.0/14.3/12.9	
	37kW	0.75/0.85/1.05	7.0/6.4/5.7				
	45kW	0.75/0.85/1.05	9.1/8.5/7.7				
	55kW	0.75/0.85/1.05	10.7/10.1/9.1				
	75kW	0.75/0.85/1.05	13.9/13.4/12.0				
	90kW	0.75/0.85/1.05	17.8/16.5/15.2				



図1 圧縮機外観
Fig.1 Appearances of two types of compressor

VSタイプ22kW機のIV型およびIII型を対象に、それぞれの運転範囲における総入力電力に対する比エネルギーの比較を図2に示す。IV型は、スクリュウ圧縮機本体の性能向上や、軸受給油バイパス機構の採用によるメカニカルロス削減などにより、III型と比べて全運転範囲で比エネルギーが下回っており、省エネルギーな圧縮機であることが分かる。

2.2 軸受給油バイパス機構²⁾

スクリュウロータを支持する軸受には冷却と潤滑のための給油が必要である。いっぽう、軸受に給油された潤滑油は軸受自身の回転運動による攪拌（かくはん）ロスが発生する。このため一般的に、給油量を必要最小限にすることによって性能向上を図られることが知られている。設計段階では、オイルフィルタの目詰まりや低温時の潤滑油の粘度変化などを考慮し、いかなる状況でも故障しない給油量を確保する方針で進める必要がある。しかしながらこの方針では、正常な状態では過給油になり、攪拌ロス低減の余地があった。そこで本開発では軸受給油バイパス機構を開発した（図3）。この機構により、必要以上に流入した潤滑油は軸受回転部を通過することなく軸受外輪の外部に設けたバイパスラインを通過する。このため、過給油による攪拌ロスを低減できる。すなわち、軸受回転部には必要な量の潤滑油を給油する

2. 商品の特長¹⁾

2.1 比エネルギー

圧縮機的全負荷時消費電力性能は、JIS B 8341「容積形圧縮機－試験及び検査方法」で規定される比エネルギーで表され（式（1））、値が小さいほど省エネルギーな圧縮機であることを示す。

$$W = \frac{L}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

W：比エネルギー（kW/m³/min）

L：圧縮機の総入力電力（kW）

Q：圧縮機吸込状態換算吐出空気量（m³/min）

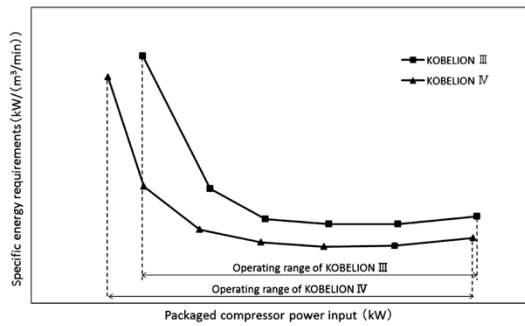


図2 運転範囲における比エネルギー変化

Fig.2 Change of specific energy requirements in operating range

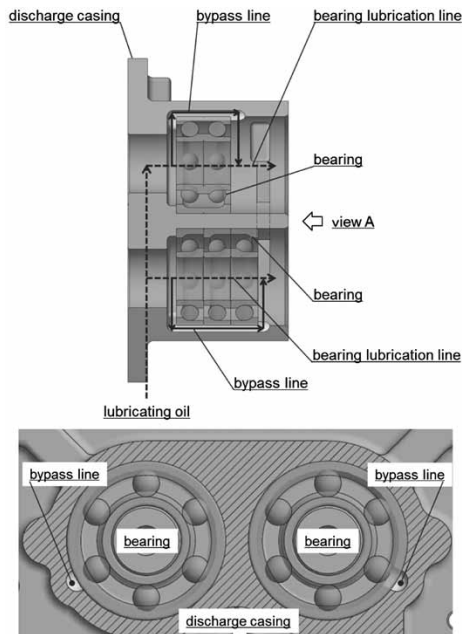


図3 軸受給油バイパス構造

Fig.3 Structure of bearing oil feed bypass

ことができるため、最適な給油状態を常に維持することができる。

2.3 ワイドレンジ制御 (VS機)

ワイドレンジ制御とは、使用吐出圧力に応じて最大吐出空気量となるように制御する技術である。図4にその概略を示す。空気圧縮機の理論動力 L は式(2)で表される。式(2)より、吐出圧力 Pd を下げると理論動力 L が下がることが分かる。

$$L = \frac{(i+1)n}{n-1} \cdot \frac{P_s \cdot Q_s}{0.06} \left[\left(\frac{Pd}{P_s} \right)^{\frac{n-1}{(i+1)n}} - 1 \right] \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

- P_s : 吸込空気の絶対圧力 (MPa)
- P_d : 吐出圧力の絶対圧力 (MPa)
- Q_s : 吸込状態換算空気量 (m^3/min)
- n : 空気のポリトロップ指数
- i : 中間冷却器の数

ユーザの使用吐出圧力が低い場合、定格吐出圧力まで昇圧するとエネルギーロスとなる。このため、省エネルギーを目的とし、吐出空気量に応じた圧縮機の定格吐出圧力(図4-A点)から吐出圧力を下げて使用する(図4-B点)。吐出圧力に応じて消費動力は低くなるが、ス

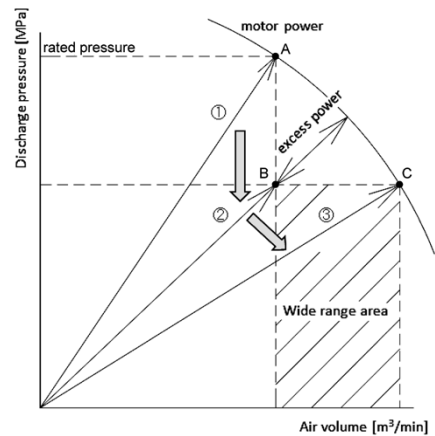


図4 ワイドレンジ制御
Fig.4 Wide range control

クリュータの回転数は変わらないため、吐出空気量は定格吐出圧力時と変わらない。このような状態では、モータ動力に余力がある状態となっている。この余力に着目し、必要吐出圧力において、この余力分だけスクリーロータの回転数を上昇させ、定格吐出圧力時と同じ動力でより多くの圧縮空気を提供することができる(図4-C点)のようにコントロールする。

ワイドレンジ制御範囲は、Ⅲ型は吐出圧力0.6~0.85 MPaに対して、Ⅳ型は吐出圧力0.4~0.85 MPaまで制御範囲が広域になり、吐出空気量が約8~12%増加した。

さらに、ワイドレンジ制御は上述のとおり、吐出圧力に応じてスクリーロータの回転数を制御する。このため、吐出圧力がゼロの状態から起動すると増速起動が可能となる。これによって昇圧時間を約8~10%短縮でき、圧縮空気の圧送開始時間短縮を達成した。

2.4 周囲温度50℃対応

Ⅲ型は、周囲温度が45℃でも稼働継続できることを特長としてきた。しかしながら、近年の温暖化による夏場の気温上昇の影響により、圧縮機稼働中の室温が45℃を超えることも珍しくない。

このため、Ⅳ型では稼働継続できる周囲温度を50℃とした。そこで、流体解析による圧縮機内部の空気の流れ(図5)に基づいて機器を最適配置し、冷却効率を高める検討を行った。その結果、周囲温度に対する環境性をⅢ型よりも5℃向上させることができた。

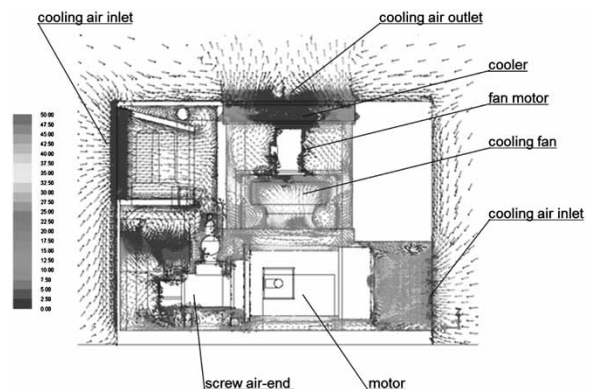


図5 冷却風の流体解析
Fig.5 Fluid analysis of cooling air

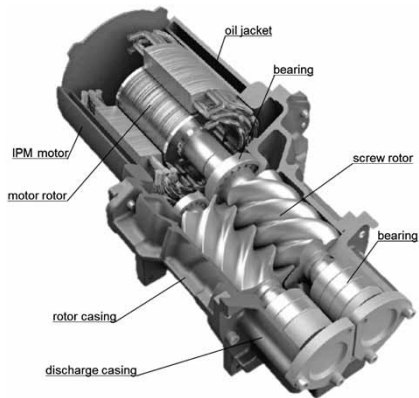


図6 油冷ジャケットモータ
Fig.6 Oil jacket cooling motor

2.5 IPMモータ (VS機)

一般的なIPMモータは、モータ自身に冷却ファンを備えた空冷モータである。パッケージ型圧縮機の場合、冷却空気の吸込口にダストフィルタを装備していることが多く、圧縮機の設置環境によってはダストフィルタが想定よりも早く目詰まりする可能性がある。ダストフィルタの早期目詰まりは、モータの冷却不良を引き起こし、最悪の場合、圧縮機が異常停止する可能性がある。

IV型では、圧縮機の潤滑に使用している潤滑油を利用してIPMモータを冷却する油冷ジャケット機構とした(図6参照)。油冷ジャケット機構は、圧縮機を設置す

る環境によらず安定してモータを冷却することができ、周囲温度や設置環境に対する耐久性を向上させることができた。

むすび = Kobelion™ IV型の新技術の一部を紹介した。本稿で紹介した以外にもさまざまな性能や機能、信頼性の向上のために新技術を多数採用している。

今後も、「省エネルギー」や「耐環境性」に対する市場の要求はさらに高まることが予測されることから、新技術の創出を継続し、当社独自技術を生かした一層魅力のある商品開発に取り組み、新商品を提供し続けていく所存である。

参考文献

- 1) 松隈正樹. 空気圧縮機. 省エネルギーセンター, p.41-49.
- 2) (株)神戸製鋼所. 今城貴徳ほか. 特開2019-52633, 2019.4.4.



濱田克徳

機械事業部門 圧縮機事業部
汎用圧縮機本部 技術部