

(解説)

大型2段油冷圧縮機

Large-sized 2-stage Oil-flooded Air Compressors



宮武利幸*

Toshiyuki MIYATAKE



久米照正*

Terumasa KUME

Today, superior energy-saving characteristics of the compressor are demanded in increasing awareness of environmental issues. Kobe Steel has developed the large-sized 2-stage oil-flooded air compressor Kobelion®-LT/ST series which has superior energy-saving characteristics. In this paper the main feature and key technologies of these compressors are introduced.

まえがき = 当社は、1915年に国産第1号機となるレシプロ型圧縮機を製作、ついで1956年にオイルフリースクリュ圧縮機を国内で初めて開発・上市した。その後、1961年に油冷式スクリュ圧縮機の生産を開始、1971年にはパッケージ形の汎用油冷式スクリュ圧縮機 KST シリーズの生産を開始した。1987年に汎用圧縮機生産拠点として播磨工場が完成した後も、油冷式では超小形機の助さんシリーズ、小形機のマーチシリーズ、中形機のハンサムシリーズなどを開発し、市場に投入していった。なかでも2002年に開発した Kobelion®シリーズは、ユーザーズに対応した省エネルギー性能および環境面を重視したモデルで、現在では当社の汎用油冷式スクリュ圧縮機の主力製品となっている。

Kobelion シリーズは、2002年に開発・上市した15～75kWクラスのインバータ機“Kobelion - VX・VS”に始まり、翌2003年には環境に配慮した同クラスの標準機“Kobelion - AG・SG”を、ついで2004年に110～150kWクラスの大型インバータ機“Kobelion - VS MULTI”を市場に投入するなど、シリーズの拡充に努めてきた。

このたび、150kW以上の大型2段油冷式圧縮機 KST シリーズをモデルチェンジし、新たに Kobelion シリーズとして160kW、200kW、220kWの“Kobelion - LT・ST”を開発・上市した。

本稿では、この“Kobelion - LT・ST”のうち Kobelion - LT シリーズについて報告する。

1. 商品コンセプト

今回開発した Kobelion - LT シリーズの商品コンセプトは以下のとおりである。

クラス最高の省エネルギー性能

クリーンエアの供給
省スペース化

2. 主要仕様と構造

Kobelion - LT シリーズの圧縮機ユニット外観および内部構造をそれぞれ図1および図2に、また主要仕様を表1に示す。

圧縮機ユニット外観は、Kobelion シリーズとしての統一感を損なわないデザインとした。

内部構造では、防音カバー開口部にダクトを設置し、騒音の低減を図るとともに、圧縮機本体、モータ、および歯車箱を架台に固定することで剛性をアップさせ、その下部に防振ゴムを設置して振動の低減を図っている。



図1 圧縮機ユニット外観
Fig. 1 Outside view of compressor unit

*機械エンジニアリングカンパニー 圧縮機事業部 汎用圧縮機工場

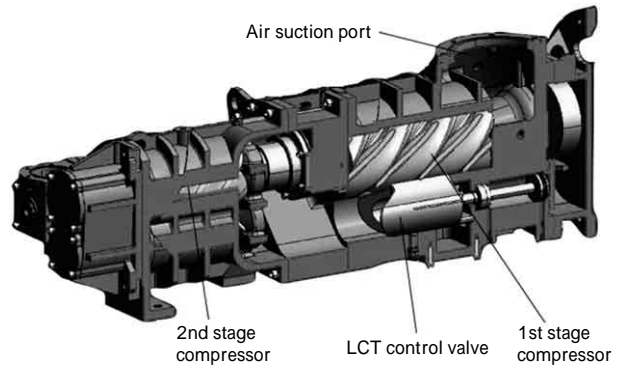
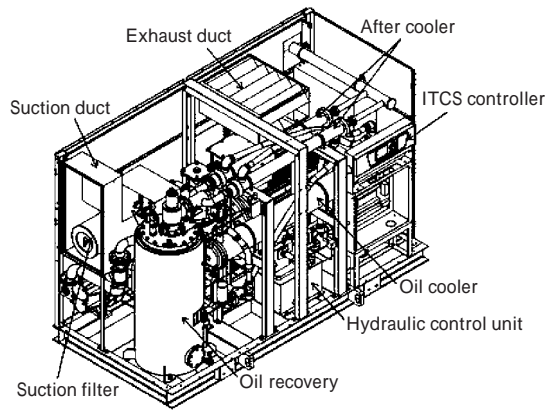


図3 圧縮機本体
Fig. 3 Compressor main body

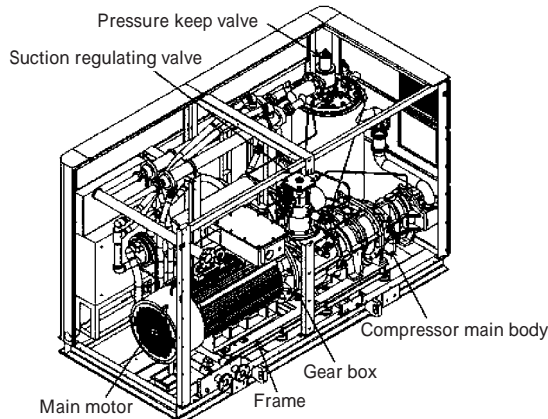


図2 圧縮機内部構造
Fig. 2 Compressor internal structure

表1 主要仕様
Table 1 Specifications

TYPE		LT3060W	LT3810W	LT4070W
Discharge pressure	MPaG	0.69 [0.83]		
Frequency	Hz	50/60		
Discharge air volume	m ³ /min	30.5/30.6 [27.8/27.7]	38.1/38.1 [34.1/34.1]	40.7/40.7 [37.2/37.2]
Motor	Output	kW	160	200
	Voltage	V	3,000/3,000*3,300	
Dimensions (W×D×H)		mm	3,200×1,500×1,980	3,300×1,565×2,080
Weight		kg	4,200	5,100

3. Kobelion - LT シリーズの特長

3.1 省エネルギー化

国内における空気圧縮機の消費電力は工場事業所電力の20～30%を占めるといわれ、空気圧縮機の省エネルギー化を推進することで大きな省エネルギー効果を得られることから、近年、省電力活動が盛んに行われている。

一方、空気圧縮機の運転状況に目を向けると、工場の操業度に応じて様々な負荷領域で運転される場合が増えてきている。このため、空気圧縮機の省エネルギー性を考えるうえでは、全負荷時の性能も重要であるが、それ以上に部分負荷時の性能が非常に重要であるといえる。

このような省エネルギー化を求めるユーザーニーズに対し、Kobelion - LT シリーズはLCT(Linear Capacity Control Tandem)制御方式を採用することで高い部分負荷特性を提供できる。LCT制御弁を搭載した圧縮機本体およびLCT制御の作動系統をそれぞれ図3および図4に示す。

LCT制御方式の最大の特長は、一定圧力制御ができる

ことにある。圧縮機本体は、1段本体と2段本体によって構成され、1段本体の下部には油圧ピストンとLCT制御弁が配置されている。LCT制御は図4に示すように、圧縮空気の消費量に応じて変化するライン圧力を油圧制御ユニットのB部で検出する。一方、油圧制御ユニット内ではオイルポンプが作動しており、常にA部の噴射管へ油が供給されている。油圧制御ユニットは、ライン圧力の変化に応じて噴射管の向きを変え、油圧ピストンに油を供給することでLCT制御弁の開度を調整する。LCT制御弁の開度が調整されるとスクリュロータの圧縮有効長さが調整され、100～40%の負荷領域を一定圧力にて制御する。LCT制御弁で制御できない40～0%の低負荷域は無負荷運転により無駄な動力消費を削減する。

図5に容量制御方式の違いによる吐出空気量と消費動力の比較を示す。一定圧力制御のLCT制御方式が省電力性能面で優れていることが分かる。

従来のロード/アンロード制御方式では、圧縮空気の消費量が減少して圧縮空気のライン圧力が上がってくると無負荷運転(アンロード)とし、逆に圧縮空気の消費量が増加してライン圧力が下がってくると全負荷運転(ロード)となる。このように、ロードとアンロードの繰返しによって容量調整が行われる。そのため、容量制御時にライン圧力が約0.1MPaの幅で変動する(変動圧力制御)。たとえば、必要なライン圧力が0.59MPaGの場合、全負荷時吐出圧力をLCT制御方式より0.1MPa高くする必要があり、全負荷時圧力が0.69MPaGでも容量制御時の保障ライン圧力は0.59MPaGとなってしまふ。

圧縮機の理論消費動力は次式によって表すことができる。

$$L_{ad} = \frac{(i+1)n}{n-1} \times \frac{P_s Q_s}{0.06} \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{n-1}{(i+1)n}} - 1 \right] \dots \dots \dots (1)$$

ここで、

- L_{ad} : 理論消費動力 [kW]
- P_s : 吸込空気の絶対圧力 [MPa]
- P_d : 吐出空気の絶対圧力 [MPa]
- Q_s : 吸込状態に換算した空気量 [m³/min]
- n : 空気のポリトロプ指数
- i : 中間冷却器の数

圧縮機の理論消費動力は

$$\left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{n-1}{(i+1)n}} - 1 \right] \dots \dots \dots (2)$$

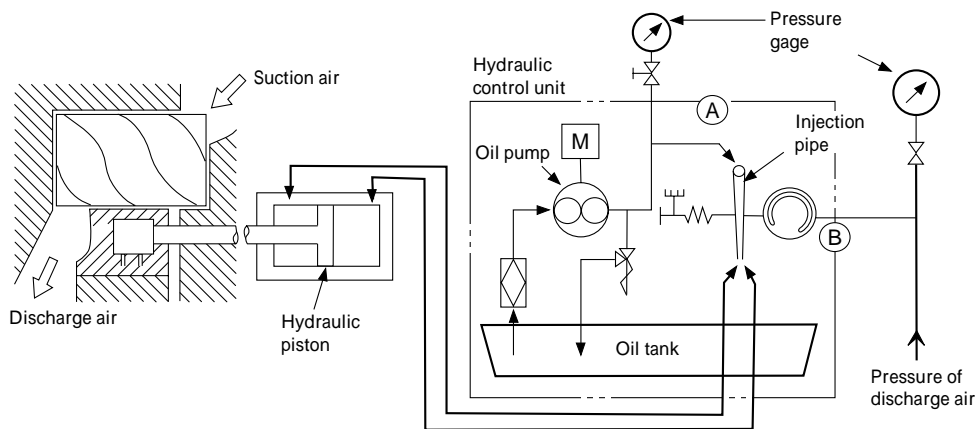


図4 LCT 制御の作動系統
Fig. 4 Operation system of LCT control

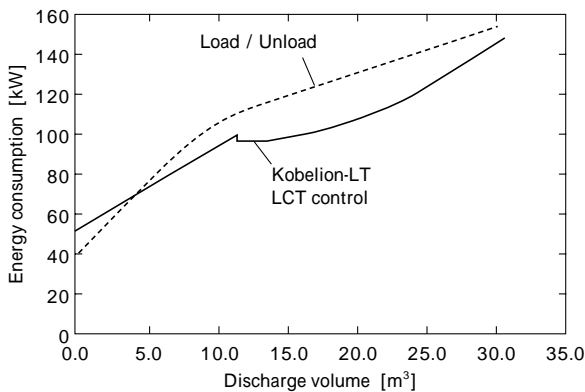


図5 容量制御による性能比較
Fig. 5 Performance comparison by capacity control

の値に比例する。上式の間冷却器の数 (i) を 0, 空気のポリトロップ指数 (n) を 1.4 の定数と考える。 Q_s が同じである場合, 吸込圧力 (P_s) が大気圧で, 全負荷吐出圧力 (P_d) が 0.69MPaG の場合と 0.59 MPaG の場合を比較する。一定圧力制御が可能である LCT 制御方式に比べ, 変動圧力制御であるロード/アンロード制御方式の理論消費動力は全負荷運転時で 8%程度大きくなり, 実測でも 7%程度消費動力が増加する¹⁾。

3.2 クリーンエアの供給と省スペース化

油冷圧縮機では, 空気の圧縮工程で冷却油を噴射して吐出空気温度を抑制するとともに, スクリューロータ間やスクリューロータとケーシング間のすきまを油でシールして漏れ量を低減する。そのため, 圧縮空気から油分を分離する必要があるが, 従来機で使用されていたオイルセパレータは胴体が大きく, 横型であったため省スペース化の面でも不利であった。

そこで, 図6に示すように, オイルセパレータの構造を改善し, 縦型にすることによって従来比で最大 12% の省スペース化を達成することができた。さらに, エlementに使用する素材の最適化を図った結果, 吐出空気量に含まれる油分としては油冷式では世界最高レベルである $0.001\text{cc}/\text{m}^3$ 以下を実現した。これによって, 潤滑油の消費量を抑えることができ, ランニングコストの低減につなげることができた。

3.3 そのほかの特長

ユニット前面に取付けられた ITCS (Intelligent Total

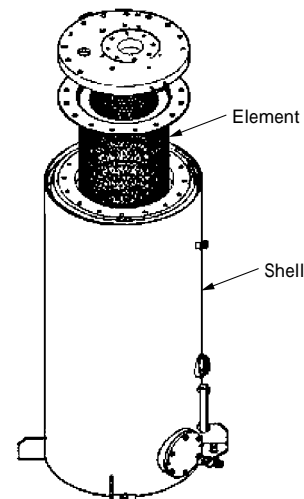


図6 オイルセパレータ
Fig. 6 Oil recovery

Control System) モニタによって, 運転操作や圧縮機の設定の簡易化が図られている。また, 万一のときであっても的確な対応がとれるよう, 圧縮機内部に設置されたセンサを常時監視して運転状況 (圧力, 温度, 負荷率, 運転時間など) やメンテナンス情報, 警報, 異常停止の情報を表示するようにしている。

さらに, 停電対応として, 0.5 秒以内の停電に対しては瞬停保護機能によって運転を継続し, 20 秒以内の停電に対しては自動復帰運転が可能となっている。

また, 制御盤を設置することなくシンプルな配線のみで 2 台交互運転を行うことが可能となっている。

むすび=冒頭にも述べたとおり, 当社では Kobelion シリーズとして 2002 年に “Kobelion - VX・VS” を上市して以来, 常に圧縮機に求められるニーズに対応する製品をリリースしてきた。

今後もさらに圧縮機に求められるニーズに対応した製品をリリースし, シリーズの拡大および改善に努めていきたい。

参考文献

1) 松隈正樹: 省エネルギー, Vol.59, No.13, p.34.