

(解説)

高性能大形オイルフリースクリュ圧縮機

High Performance Large Class Oil-free Screw Compressor



泉谷清宣*
Kiyonori IZUTANI

High performance and energy saving equipment is required, because of the growing interest in environmental issues. Therefore, Kobe Steel has developed the high performance large class standard oil free screw compressor; Emerald-ALE. This report introduces the new compressor which combines high efficiency, economic and reliable functions.

まえがき = 空気圧縮機の消費電力は日本全体の5%、国内製造事業所の20~30%を占めている(図1¹⁾)。90kW以上の大形空気圧縮機は、出荷台数としては全体の1%程度に過ぎないが出力が大きいため、空気圧縮機全体の消費電力のうち20~25%を占める(図2¹⁾、図3¹⁾)。

大形の空気圧縮機を使用するユーザは「エネルギーの使用の合理化に関する法律(通称：省エネ法)」における特定事業者である場合が多く、とりわけ省エネに関心の高いユーザ層である。また、近年の環境問題に対する意識の高まりから、90kWを超える空気圧縮機ではオイルフリースクリュ圧縮機が占める割合が高い。なかでも300kWを超える超大形空気圧縮機は、2段スクリュ圧縮機またはターボ圧縮機が工場・事業所のベースロード機として使用される場合が多い。そのため、省エネルギー推進の面から考えると全負荷性能が最も重要である。

また、スクリュ圧縮機の特徴の一つとして、部分負荷特性が良いことも挙げられる。そのため、ベースロード機としてだけでなく、容量調整機として使用される場合もある。このようなニーズにこたえるべく、省エネルギー性に優れた高性能大形オイルフリースクリュ圧縮機を開発した。

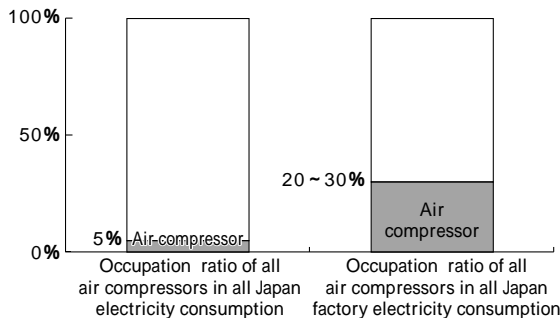


図1 圧縮機の消費電力¹⁾
Fig. 1 Electricity consumption ratio of compressor¹⁾

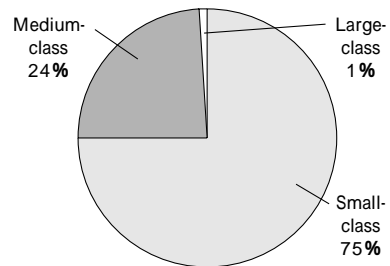


図2 電動機出力別出荷比率¹⁾
Fig. 2 Shipment number ratio of compressor¹⁾

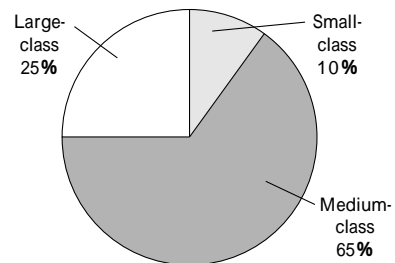


図3 電動機出力別消費電力比率¹⁾
Fig. 3 Electricity consumption ratio of compressor¹⁾

1. 大形オイルフリースクリュ圧縮機エメロード® ALE®

当社は、汎用オイルフリースクリュ圧縮機のラインナップとして15~55kWのエメロードFEシリーズ、および45~290kWのエメロードALEシリーズをそろえていた。ところが近年、300kW超のクラスにおいても、ベースロード機および容量調整機として使用することができるオイルフリースクリュ圧縮機のニーズが高まってきたことを受け、305~400kWの大形エメロードALEを新たに開発した。その仕様および外観をそれぞれ表1、図4に示す。

*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

表 1 仕様
Table 1 Specifications

TYPE		ALE305W	ALE340W	ALE370W	ALE370WE	ALE400WE
Frequency		50/60				
Motor output	kW	305	340	370	370	400
Discharge pressure	MPa	0.69				
Discharge air volume	m ³ /min	56.9/56.9	63.5/63.6	69.0/69.1	56.8/56.8	63.4/63.5
Shaft power	kW	304.1/304.4	338.8/339.0	367.8/368.4	357.7/357.4	396.3/397.1
Dimensions (W × D × H)	mm	3,500 × 2,000 × 2,400				
Weight (3000V type)	kg	7,700	7,900	8,200	8,200	8,500



図 4 大型オイルフリー圧縮機 新エメロード ALE
Fig. 4 New large class oil free compressor Emerald-ALE



図 5 プレートフィンクーラ
Fig. 5 Plate fin type gas cooler

2. 大形エメロード ALE の特長

2.1 全負荷性能の向上

300kW 超の空気圧縮機においてはベースロード機になることも多いため、全負荷性能の向上を最重要課題として開発に臨んだ。まず第一に、2 段圧縮機本体に高性能の新型本体を採用して性能向上を図った。具体的には、従来に比べて大きいスクリュロータを採用したことに加え、低回転速度で運転することによってメカニカルロスを低減させた。また、中間段圧力を適正化し、不足圧縮や過圧縮による動力ロスを低減させた。こうした新型本体の採用により約 3% の性能改善が実現できた。

第二に、インタクーラおよびアフタクーラにプレートフィンクーラ(図 5)を採用した。プレートフィンクーラは、管内通水管外空気とすることによって通過する空気の流速を下げ、圧力損失を低減することができる。また、空気側の伝熱面積が大きいため、比較的コンパクトに設計することが可能となった。従来機に使用していたシェルアンドチューブクーラの空気側圧力損失が約 0.01MPa 以上に対し、プレートフィンクーラの空気側圧力損失は 0.005MPa 以下である。プレートフィンクーラ採用による圧力損失改善分の動力は圧縮仕事に使用でき、約 4% の性能改善を図ることができた。

これらの性能改善により、トータルで当社従来機比約 7% 性能が向上し、従来の大形空気圧縮機を凌駕する世界最高レベルの省電力性能を達成した(図 6)。

2.2 部分負荷性能の向上

空気圧縮機は大形になるほどベースロード機で使われることが多い。しかし、スクリュ圧縮機の場合、容量調整機として使用される場合もあるため、スクリュ圧縮機の特徴である部分負荷性能の向上も図っている。

従来、制御圧力幅は 0.1MPa 必要であったが、吸気調

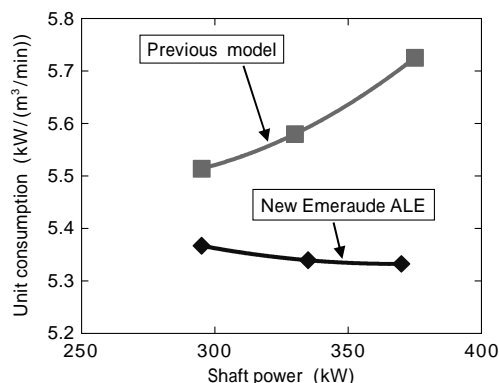


図 6 性能比較
Fig. 6 Performance comparison

整弁をはじめ、容量調整機構の耐久性を向上させ、制御圧力幅を最小 0.05MPa まで設定可能とした。これにより、無駄な昇圧運転が不要になり、同じ負荷運転圧力設定で従来機比約 3% の省エネが可能となった。

負荷/無負荷制御で省エネルギーを実現するには、必要な下流側の圧力を確保しながら、いかに無負荷運転開始圧力を低くするかにかかってくる。従来のオイルフリースクリュ圧縮機の制御では圧力制御幅は初期に設定したままであるため、空気消費量が多いほど負荷運転時の圧力上昇の速さが遅くなり、その分、軸動力がより大きい高吐出圧力での負荷運転時間が長くなって消費電力量が増加する。

この電力を低減するため、使用量に応じて内部タイマで強制的に無負荷運転に切替えることで制御圧力幅を最小に抑え、さらなる省エネ運転も可能な省エネロジック(“Energy-saving Logic”)を標準装備した。すなわち、負荷運転が一定時間継続すれば、下流側の圧力が無負荷運転開始圧力に達していなくても強制的に無負荷運転にするものである。図 7 に従来の容量調整と新しい容量調整の圧力変動パターンを示す。今回設計した吸気調整弁

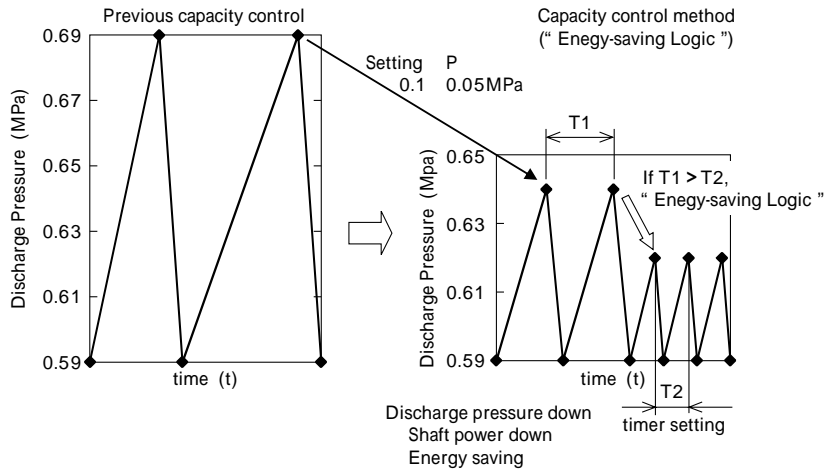


図7 容量調整方式
Fig. 7 Capacity control method

Ex) Load ratio : about 90%
ALE370W : Unload/0.62MPa, Load/0.59MPa
(with " Energy-saving Logic ")
Previous model : Unload/0.69MPa, Load/0.59MPa
Annual electric power cost : 15JPY/kWh (in Japan)
Running : 8,000h/year

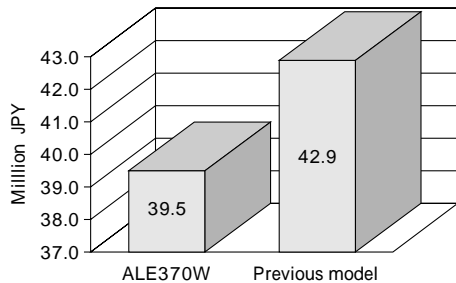


図8 電力量の比較
Fig. 8 Power cost comparison

は、負荷 無負荷 負荷の周期が従来の1/2で許容できるため、圧力設定幅を従来の0.1MPaから半分の0.05MPaにすることができる。さらに、タイマによって2サイクル目からは初期に設定した無負荷運転開始圧力に達する前に無負荷運転となるため、必要以上に圧力を上昇させずに下限圧力を保持でき、動力の低減を図ることができる。

大形エメロードALEでこの省エネロジックを適用して運転したときと、従来機で標準的な運転をしたときの消費電力料金の比較を図8に示す。図8からわかるように約9%の省電力となり、年間8,000時間運転、電力単価15円/kWhとすると年間約340万円の電力費が節減できる。すなわち、年間約23万kWhの電力量、約125トンの二酸化炭素の排出量(二酸化炭素排出係数は、省令(平成18年経済産業省・環境省令第3号)に定めるデフォルト値(0.000555t-CO₂/kWh)で計算)が削減できることになる。

このほかにも、無負荷運転が長時間継続すると自動的にモータを停止させ、圧力が低下してくると自動的にモータを起動させる自動発停機能、起動と停止を7パターン設定できるウィークリタイマや制御盤不要の2台交互運転機能も標準装備しており、使用方法に応じた省エネ運転パターンを選択することもでき、さらなる省エネを図ることができる。

2.3 耐久性向上

潤滑油フィルタのろ過精度を向上し、圧縮機本体の軸受に給油される潤滑油の清浄度をアップすることにより圧縮機本体の耐久性・信頼性を向上させた。

吸気調整弁には、作動回数において従来機の6倍の耐久性を持たせた。従来は駆動部に皿型ダイヤフラムを使用していたことから受圧面積が大きく、固定部に大きな力加わる構造であったため耐久性に劣っていた。新型吸気調整弁ではローリングダイヤフラムを採用することによって受圧面積を小さくし、固定部にかかる力を低減させることができる。この対策によって耐久性が向上し、従来の1/2のサイクルで負荷-無負荷運転が可能になったうえに、メンテナンスサイクルも3年(従来は1年)にすることができた。

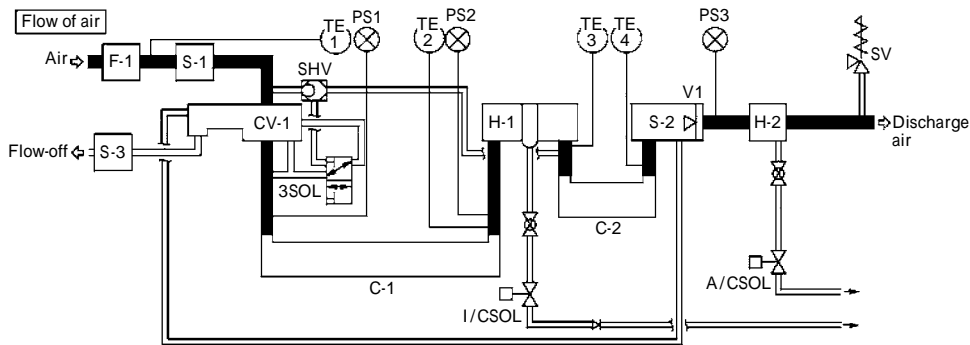
従来のシェルアンドチューブクーラは管外通水であり、通水部のよどみ部分でスケールが溜まりやすい欠点があった。大形空気圧縮機で使用しているプレートフィンクーラは管内通水であり、シェルアンドチューブクーラに比べ、水室側にスケールが溜まりにくい構造である。また、管内清掃となるためメンテナンスも容易である。

これらにより、年次点検においては潤滑油とフィルタ類の交換のみとなり、各部品のメンテナンスサイクル延長によってトータルのメンテナンスコストも低減している。

2.4 ユニット監視機能の強化

きめ細かくセンサ類を張巡らせ(図9)、これらの情報はITCS(Intelligent Total Control System)コントローラで一元的に集約される。そのため、このモニタのみで日常の管理情報(圧力、温度、運転時間など)を確認することができる。ユニットの運転状態を常時監視しており、トラブルや急な停止を未然に防ぐことができる。例えば、給油圧力が低下してくると、異常停止させる前に警報を発する仕組みになっており、この段階で給油圧力を上げる、あるいは潤滑油フィルタを交換するなどの適切な処置を施すことにより、異常停止を防ぐことができる。

また、過去15分間において5秒ごと、および過去24時間において1時間ごとに圧力や温度などのデータ、異常・警報などの運転履歴を保存しており、過去の運転状



Symbol	Name	H-2	After-cooler	A/C SOL	Solenoid valve for after-cooler drain	TE1	Themocouple for 1st stage suction air temperature
C-1	1st stage compressor	F-1	Suction filter	V1	2nd stage discharge air check valve	TE2	Themocouple for 1st stage suction air temperature
C-2	2nd stage compressor	SV	Safety valve				
CV-1	Volumetric regulator valve	SHV	Shuttle valve				
S-1	Suction silencer	3SOL	Three-way solenoid valve for volumetric regulator valve	PS1	1st stage suction air pressure sensor	TE3	Themocouple for 2nd stage suction air temperature
S-2	Discharge silencer			PS2	1st stage discharge air pressure sensor	TE4	Themocouple for 2nd stage discharge air temperature
S-3	Blow-off silencer	I/C	Solenoid valve for inter-cooler drain	PS3	2nd stage discharge air pressure sensor		
H-1	Inter-cooler	SOL					

図9 大型オイルフリー圧縮機の系統図
Fig. 9 Diagram of large class oil-free compressor

態の確認もできるようになっている。

潤滑油や潤滑油フィルタの交換などのメンテナンスが必要になったときはITCSコントローラのモニタに表示されるようになっている。定期的にメンテナンスを実施することによって、信頼性を高く維持した運転を長く続けることができる。

また、近年の中央監視などの省力化要望にこたえるため、遠隔監視ユニットや通信出力(MODBUS)にもオプション対応できるようになっている。

むすび=オイルフリースクリュー圧縮機に対するユーザーズに基づいて全面的に改良・開発した大形エメロードシリーズは、顧客の立場に立ち、さらに環境問題にも積極的に取り組んだ商品といえる。今後これを基本にさらに省エネニーズにあった商品の開発に努力していきたい。

参考文献

- 1) 松隈正樹：空気圧縮機，省エネルギーセンター，2005，pp.30-33.