

(技術資料)

新型オイルフリースクリュー圧縮機「Emeraude-ALE™」 フルモデルチェンジ ALE IV (132~275 kW)

米田 亥央里*・宮武 利幸

NEW Oil-free Screw Compressor "Emeraude-ALE™" Full Model Change ALE IV (132-275 kW)

Iori YONEDA・Toshiyuki MIYATAKE

要旨

今日、一層深刻化する環境問題から、省エネルギーの積極的な取組が求められている。当社は環境志向の高まりや技術開発状況に合わせて、優れた特性を最大限に活かし、高性能および環境面に優れた新型オイルフリースクリュー圧縮機；ALE IVシリーズ（132 kW～275 kW）を開発した。圧縮機本体のモデルチェンジ、圧力損失の低減により性能向上を実現した。また新たに開発した吐出サイレンサを搭載したうえで、構造を見直すことによって、低騒音化も実現した。新型ALE IVは、従来機に比べ性能だけでなく、ユーザビリティの向上にも取組んだ商品である。本稿では、今回開発した圧縮機の主な特徴と主要技術を紹介する。

Abstract

Today, environmental regulations are becoming more stringent, and there is a need for active efforts to conserve energy. Kobe Steel has newly developed a series of oil-free screw compressors, the ALE IV series (132 kW to 275 kW), with superior performance and environmental friendliness that make the most of its outstanding characteristics in response to growing environmental consciousness and the state of technological development. Performance has been improved by renovation in the model change of compressor element design and reducing pressure leakages. In addition, a new type of discharge silencer has been installed and the acoustic housing has been revised to reduce noise. The new ALE IV is a product that not only delivers superior performance but also is very user friendly compared with conventional models. This report introduces the main features and technologies of the newly developed compressors.

キーワード

スクリュー圧縮機、オイルフリー、省エネルギー、Kobelink™、Emeraude-ALE™、インバータ、ロード／アンロード制御、クラスゼロ、排熱式ドライヤ、台数制御

ま え が き = 当社は、1956年に国産第1号のオイルフリースクリュー圧縮機を製造して以来、1984年に二段オイルフリースクリュー圧縮機ALシリーズを販売開始し、1997年にはEmeraude-ALE™^{脚注1)}シリーズを販売開始した。以降も、省エネに対するニーズの高まりや技術開発状況に合わせて、ALE IIシリーズ、ALE IIIシリーズを順次開発してきた。このALEシリーズは省エネ特性および環境面を重視したモデルであり、現在では当社の汎用（はんよう）オイルフリースクリュー圧縮機の主力製品となっている。

当社はこのたび、132～275 kWのALE IVシリーズ（以下、ALE IVという）を開発した。本稿ではこのALE IVについて紹介する。

1. オイルフリー圧縮機の構造と商品コンセプト

ALE IVの外観、内観図（水冷式、空冷式）をそれぞれ図1～図3に示す。オイルフリースクリュー圧縮機は、空気を圧縮する工程に冷却・潤滑目的で油を給油しない。

このため、吐出された圧縮空气中に油分を含まないクリーンな空気を供給できる。この点がオイルフリースクリュー圧縮機の大きな特長として挙げられる。

圧縮機のユニット内部は、圧縮機本体と増速歯車箱、ガスクーラ、メインモータ、吐出サイレンサなどで構成されている。吸込フィルタを通過した空気は一段圧縮機本体にて0.20～0.23 MPaへ昇圧され、インタクーラで冷却される。その後、二段圧縮機本体で所定の圧力まで昇圧された空気は、アフタクーラで冷却されて圧送される。二段圧縮機本体の後流側に配置された吐出サイレンサは、オイルフリー圧縮機特有の高周波音を低減する働



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

脚注1) ALEは当社の登録商標である。

Emeraude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

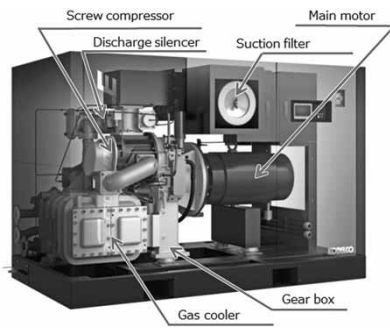


図2 水冷式スクロ圧縮機ユニットの内観
Fig.2 Internal view of water-cooled screw compressor unit

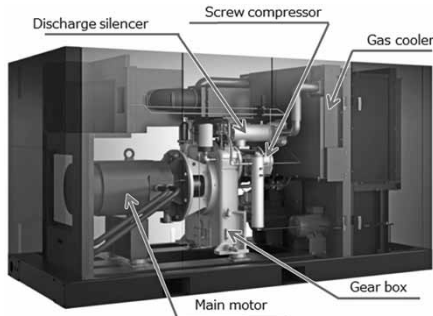


図3 空冷式スクロ圧縮機ユニットの内観
Fig.3 Internal view of air-cooled screw compressor unit

表1 ALE IVの出力ラインアップ
Table 1 Lineup of ALE IV

Motor output (kW)	Discharge pressure (MPa)	Water-cooled		Air-cooled	
		Std	Inv	Std	Inv
132	0.75	✓	✓	✓	✓
	0.86	✓	✓	✓	✓
	1.04	✓	✓	※	
145	0.75	✓		✓	
	0.86	✓		✓	
	1.04	✓		※	
160	0.75	✓	✓	✓	✓
	0.86	✓	✓	✓	✓
	1.04	✓	✓	※	
200	0.75	✓		✓	
	0.86	✓		✓	
	1.04	✓		※	
250	0.75	✓	✓	✓	✓
	0.86	✓	✓	✓	✓
	1.04	✓	✓	※	
275	0.75	✓		✓	
	0.86	✓		✓	
	1.04	✓		※	

Available ambient temperature range: 0-45°C
(※0-40°C)

きがある。

ALE IVは、お客さまの省エネ改善や安定操業、健康な職場づくりに貢献するため、「クラス最高の比エネルギー」のほか、「多彩な省エネルギー機能」や「高い信頼性」、「クラス最高の静音性」を商品コンセプトとして開発した。また、お客さまがより最適な仕様を選択できるように、従来シリーズにはなかった132 kW以上の空冷式モデルを新たに加え、インバータ仕様に132 kWを新たに追加するなど、ラインアップを拡充している（表1）。

2. ALE IVの特徴

2.1 クラス最高の比エネルギー

ALE IVでは、圧縮機本体の性能向上と機器および配

管の圧力損失低減により、従来機に比べ最高3%の比エネルギー（空気量あたりのユニット入力電力）向上を達成した。本節では、比エネルギー向上に向けた取り組みについて述べる。

2.1.1 圧縮機本体性能の向上

ALE IV用スクロ圧縮機本体の断面図を図4に示す。オイルフリースクロ圧縮機本体は、ケーシング内に配置された雄ロータおよび雌ロータが転がり軸受によって支持されている。ロータ同士、およびロータとケーシングとは接触することなく、一定の隙間を保った状態で運転される。この隙間を小さく設定することで圧縮機本体の性能を向上させることができるが、ロータとケーシングの熱膨張やたわみによって接触するリスクが高まる。

ALE IVの圧縮機本体の開発においては、ロータとケーシングの熱膨張解析より得られた知見に基づき、ロータ同士の隙間およびロータとケーシングの隙間を最適化するとともに、軸封構造を見直すことによってロータのたわみを抑制した。さらに、生産方法を見直すことによって寸法精度を向上させ、従来機に比べて圧縮機本体性能（比動力：空気量あたりの圧縮機本体入力電力）を約2%向上させた。

2.1.2 圧力損失の低減

水冷式の高スクーラにはプレートフィン式熱交換器を採用した（図5）。これは、管内通水・管外空気とすることによって圧縮空気側の圧力損失を低減することができる。高スクーラの圧力損失は性能に直結するため、これを低減することによって圧縮機性能を向上させることが可能となる。

また、流れが均一になるよう流体解析によって空気の流入口と流出口の位置を決定し、熱交換効率を改善した。これにより、圧縮機の吐出空気温度を大幅に低減することができた。従来機の吐出空気温度は冷却水温+9~15°Cとなるのに対し、ALE IVの吐出空気温度は冷却



図4 スクロ圧縮機本体断面
Fig.4 Cross sectional view of screw compressor body

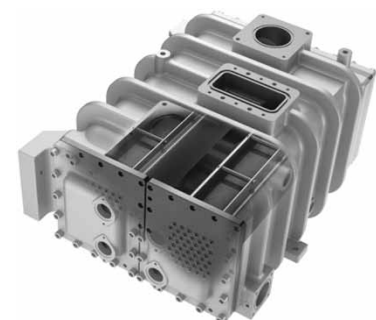


図5 プレートフィンクーラ外観
Fig.5 Outside view of plate-fin type gas cooler

水温+8℃以下を達成している。

吐出空気温度を低減することにより、圧縮機後流側に設置するドライヤをサイズダウンさせて選定することが可能となった。これにより、圧縮機単体のみでなく、後流側機器も含めた工場全体でよりエネルギー効率の良いシステムを構築できる。

空冷式の高スクーラを図6に示す。従来機は圧縮空気側を2パス構造としていたが、ALE IVは圧縮空気側に1パス構造を採用することで、より圧力損失を低減させることができた。さらに、クーラを斜め配置方式に改めることによってクーラ内でのドレン滞留防止を図っている。

上記に加え、内部配管ルートの見直しにより圧力損失を低減した。さらにエネルギーロスが最小になるよう中間圧力を最適化、オイルポンプを効率の良いメインモータで駆動する構造を採用した。それらにより従来機に比べ約1%性能向上させた。

2.2 運転制御による省エネ

ALE IVは、従来機種機能を踏襲して多彩な省エネ機能を備えている。ロード/アンロード制御はロード運転とアンロード運転の運転時間比で容量調整を行う方式である。一般的には吐出圧力が事前に設定されたアンロード開始圧力およびロード復帰圧力に達すると運転を切り替える方式である。ALE IVでは、設定した容量調整周期をクリアすれば強制でアンロードに切り替える省エネロジックを標準装備しており、圧力調整幅を最小限に抑えた運転を行う。

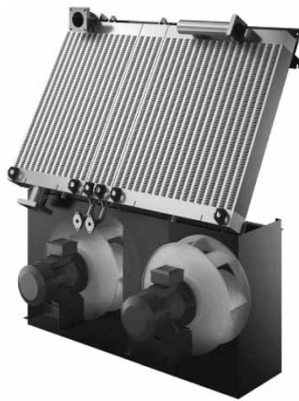


図6 空冷式高スクーラ
Fig.6 Air-cooled type gas cooler

いっぽうでインバータ制御では、お客さまの使用状況に応じてメインモータの回転数を制御する。これにより、必要最小圧力に対する圧力変動幅を0.01 MPa以内に抑えることができる。こうした制御による圧力低減効果によって省エネを実現する。複数台運転の場合、容量調整機にインバータ機を導入することによって定速機の吐出圧力も一定となり、システムとして圧力低減効果を生み出す。またインバータ機のモータは、部分負荷であっても効率の良い永久磁石 (IPM) モータを採用している。

ALE IVは、通信コントローラに台数制御運転システムを内蔵している。そのため、台数制御盤不要で最大6台までの台数制御が可能となった。これにより、台数制御盤を導入しなくて済むため、お客さまには省エネに向けた台数制御運転をより容易に実施いただける。

また、IoTを活用したクラウドサービスKobelinTM注1)を活用し、さらなる省エネに向けた改善を行える環境を構築した。KobelinTMの運用イメージを図7に示す。圧縮機の運転状況を日常的に管理・把握することにより、よりよい運転方法への改善やトラブルの発生を未然に防止するためのメンテナンスを検討することができる。これにより、お客さまの省エネ改善・安定操業に貢献できると考える。

2.3 ユーザビリティの向上

2.2節で述べた省エネ性に加えてALE IVは、お客さまの使用性・作業環境を第一に考えてユーザビリティをさらに向上させている。

2.3.1 静音性

スクリュ圧縮機は、雄ロータの回転数と歯数との積を基本周波数とする圧力脈動が発生する。とくにオイルフリースクリュ圧縮機は、油冷式に比べると高回転である。このため、脈動周波数は一般に600 Hzを超える高周波成分 (高周波音) が主となる。この高周波音を低減するため、ALE IVでは新型のサイレンサを標準装備した。このサイレンサは拡張型と多孔板式とを組み合わせたもので (200 kW 超のALE IVは拡張型のみ)、従来機に搭載している共鳴型と比較してより幅広い周波数帯に対して高い減音効果を発揮する。幅広い周波数帯に対して効果があることから、インバータ機の部分負荷運転時にも有効なサイレンサとなる。この新型吐出サイレンサ

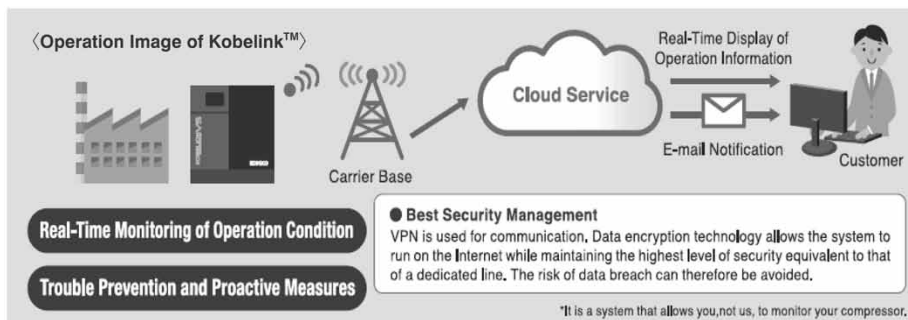


図7 KobelinTM運用イメージ
Fig.7 Operational image of KobelinTM

脚注1) Kobelinは当社の登録商標である。

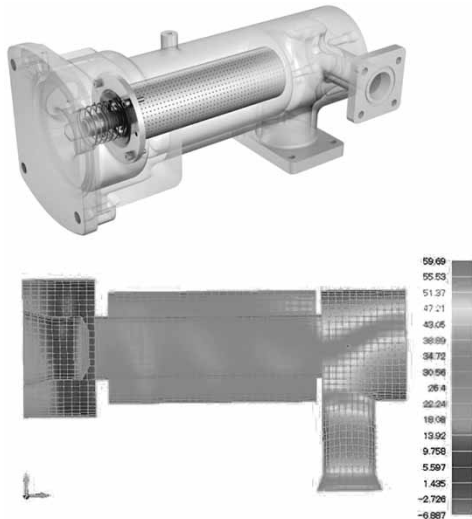


図8 吐出サイレンサの内観と音響解析結果

Fig.8 Internal view of discharge silencer and results of acoustic analysis

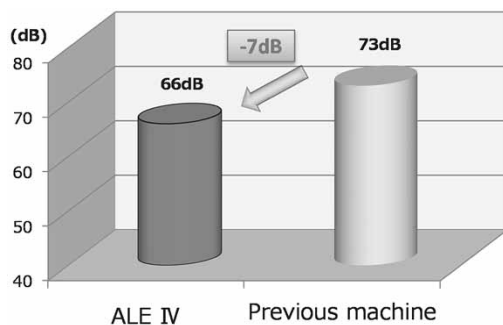


図9 ALE IVと従来機との騒音値比較

Fig.9 Comparison of noise of ALE IV and conventional machine

の内観図と音響解析結果を図8に示す。

上述のサイレンサに加え、防音カバーの構造見直しや吸音ダクトの設置などの徹底した騒音対策を行った。これにより、オイルフリー特有の騒音を静音化することができ、従来機に比べて最大約7dBの低騒音化を実現した(図9)。

またALE IVは、騒音の評価方法についても見直しを行った。従来は圧縮機の周囲4方向のみを評価していたが、ALE IVはISO基準の圧縮機上部中心や4隅など、騒音源に近い点も評価対象として加えた。それにより、圧縮機自体からの騒音を従来に比べてより正確に評価することができる。

2.3.2 オイル等級クラスゼロ

ALEシリーズは従来、「ISO8573-1 圧縮空気 第1部：汚染物質および清浄等級」で規定される「圧縮空気に関するオイル総濃度の品質等級が0等級(class-0)」(以下、クラスゼロという)の認証を国際的第三者機関(TÜV: Technischer Überwachungs-Verein Rheinland)より取得している。ALE IVにおいてもクラスゼロを継承しており、清浄度が最高品質の油分を含まない圧縮空気を要求するユーザーニーズに応えている。

オイル等級クラスゼロにより、油分除去用のフィルタエレメント交換費用やドレン処理(油分分離)費用など、



図10 排熱式ドライヤ

Fig.10 Waste heat type dryer

圧縮空気の清浄化に要する費用の削減が可能となる。

2.3.3 コントローラ

コントローラにはフルカラータッチ液晶モニタを搭載した。洗練されたインターフェースのモニタ画面により、運転状況や系統図、アラーム・インターロックリストなどの情報が一目でわかる。よりわかりやすい情報の提供と簡単でスムーズな操作性を実現した。

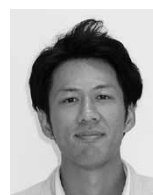
2.3.4 排熱式ドライヤ

当社では省エネ対応周辺機器として、排熱式ドライヤ(図10)をラインアップしている。これは、圧縮機からの排熱を利用する吸着式ドライヤで、160kW相当の圧縮機に対して約15W程度の電力で稼働できる省エネドライヤであり、空気のロス・エアパージも不要である。また、冷媒も使用していないため、環境面でも優れたドライヤである。

本ドライヤはALE IVにも接続可能であり、組み合わせることによってより省エネ性の高いシステムを実現できる。

むすび = ALE IIIシリーズをフルモデルチェンジしたALE IVは、当社の技術力を最大限に生かし、省エネ特性向上やユーザービリティ向上に積極的に取り組んだ商品である。とくにALE IVは、お客さまの使用環境においてお役に立てることを考え、定格状態での性能向上だけでなく中間負荷での性能向上を図った。また、近年の温暖化によって周囲温度が高い環境にあっても、本機を高性能で安心して運転できることを実現している。

当社は今後もお客さまからのニーズを敏感に把握するとともに、省エネ型空気圧縮機の開発を通じて、消費電力削減ならびにCO₂削減に貢献していきたいと考えている。



米田 玄央里

機械事業部門 圧縮機事業部
汎用圧縮機本部 技術部



宮武 利幸

機械事業部門 圧縮機事業部
汎用圧縮機本部 技術部