

新オイルフリースクリュ圧縮機「Emeraude-ALE」

New Oil-free Air Compressors, "Emeraude-ALE"



原 崇之*¹
Takayuki HARA

Today, superior energy-saving characteristics are demanded of air compressors, due to increasing environmental issues. Kobe Steel has developed the oil-free air compressor "Emeraude-ALE" series, which has superior energy-saving characteristics to meet this need. The concept behind the new Emeraude-ALE is "the advancement of customer satisfaction" by expanding the lineup of inverter types, increasing the air discharge flow rate, expanding the discharge pressure range, providing a compact cabinet, and achieving a "class 0" rating for the cleanliness of the discharged air. This paper introduces the main features and the key technologies of the newly developed compressors.

まえがき = 当社は1915年に国産第1号の高圧レシプロ圧縮機を製造し、1956年に国産第1号のオイルフリースクリュ圧縮機を製造した。その後、1984年にはオイルフリー2段圧縮機「ALシリーズ」を販売開始し、1996年に「ALE (Emeraude[®]) シリーズ」を販売開始した。

ALEシリーズは1996年に出力15~37kWクラスの販売を開始し、1999年までに45~290kWクラスも販売を順次開始した。2007年には超大型シリーズ305~370kWクラスの販売を開始し、現在に至っている。このALEシリーズは省エネルギー性能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オイルフリースクリュ圧縮機の主力製品となっている。

このたび、さらなる顧客満足度を向上させるため従来機をブラッシュアップし、同シリーズの標準機である120~290kWクラスのモデルチェンジを行った。

1. 商品コンセプト

今回開発した新型ALEシリーズの商品コンセプトを『機能、信頼性向上による顧客満足度向上』とし、具体的には以下のような取組を行った。

- ①インバータ機ラインナップの強化
- ②吐出空気量の増量
- ③圧力範囲の拡大
- ④コンパクト設計
- ⑤吐出空気の清浄度等級「クラスゼロ」の継続

いずれの取組も、「省エネルギー」、「使いやすさ」、「高品質空気の提供」など、顧客の要求に合致させるものである。

脚注) Emeraudeは当社の登録商標である。

2. ラインナップと構造

2.1 圧縮機ユニット内構成とラインナップ

新型ALEの外観および内部構造をそれぞれ図1と図2に、また標準機の出力行ナップを表1に示す。インタクーラおよびアフタクーラの上に主モータと圧縮機本体を搭載している構造であり、出力ラインナップは120~290kWの計10種類ある。

2.2 圧縮機ユニット内の空気フロー

図3に圧縮機ユニット内空気フローを示す。本ユニッ



図1 圧縮機ユニット外観

Fig. 1 Appearance of compressor unit

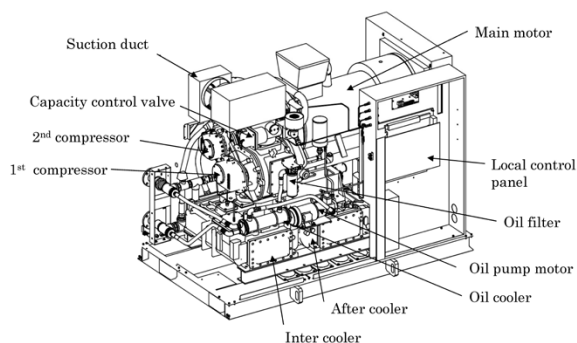


図2 圧縮機内部構造

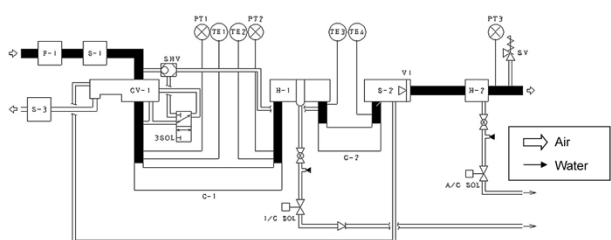
Fig. 2 Internal structure of compressor unit

*¹ 機械事業部門 圧縮機事業部 汎用圧縮機工場

表1 新型ALE標準機の出力行ラインナップ

Table 1 Lineup of standard units of new ALE series

Output	Pressure	400V class	3000V class	6000V class	Output	Pressure	400V class	3000V class	6000V class
120kW	0.7MPa	○	○	○	200kW	0.7MPa	○	○	○
	0.88MPa	-	-	-		0.88MPa	-	-	-
	1.0MPa	-	-	-		1.0MPa	-	-	-
132kW	0.7MPa	○	○	○	220kW	0.7MPa	○	○	○
	0.88MPa	-	-	-		0.88MPa	○	○	○
	1.0MPa	-	-	-		1.0MPa	-	-	-
145kW	0.7MPa	○	○	○	250kW	0.7MPa	○	○	○
	0.88MPa	○	○	○		0.88MPa	○	○	○
	1.0MPa	-	-	-		1.0MPa	○	○	○
160kW	0.7MPa	○	○	○	270kW	0.7MPa	○	○	○
	0.88MPa	○	○	○		0.88MPa	○	○	○
	1.0MPa	○	○	○		1.0MPa	○	○	○
180kW	0.7MPa	○	○	○	290kW	0.7MPa	-	-	-
	0.88MPa	○	○	○		0.88MPa	○	○	○
	1.0MPa	○	○	○		1.0MPa	○	○	○



Symbol	Item	Symbol	Item
C-1	1 st stage compressor	3SOL	Three-way solenoid valve
C-2	2 nd stage compressor	I/C SOL	Solenoid valve for I/C
CV-1	Volumetric regulator valve	A/C SOL	Solenoid valve for A/C
S-1	Suction silencer	V1	2 nd stage discharge air check valve
S-2	Discharge silencer	PT1	1 st stage suction air pressure sensor
S-3	Blow-off silencer	PT2	1 st stage discharge air pressure sensor
H-1	Inter-cooler	PT3	2 nd stage discharge air pressure sensor
H-2	After-cooler	TE1	Thermocouple for 1 st stage suction air temperature
F-1	Suction filter	TE2	Thermocouple for 1 st stage discharge air temperature
SV	Safety valve	TE3	Thermocouple for 2 nd stage suction air temperature
SHV	Shuttle valve	TE4	Thermocouple for 2 nd stage discharge air temperature

図3 圧縮機ユニット内の空気フロー

Fig. 3 Air flow in compressor unit

トは、吸込フィルタで濾過（ろか）した空気を第1段圧縮機にて約0.2MPaまで昇圧し、インタクーラで冷却した後、第2段圧縮機にて所定圧力まで昇圧する。その後、アフタクーラで冷却し、空気を圧送する装置である。

3. 新型ALEシリーズの特長

3.1 インバータ機ラインナップの強化

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%を占めるといわれている¹⁾。このため、空気圧縮機の省エネルギーを推進することによって大きな省エネルギー効果が得られる。そのような背景から近年、空気圧縮機の省エネルギー性能の向上が求められている。

空気圧縮機は工場の操業負荷に応じたさまざまな負荷条件で運転しなければならない。したがって、空気圧縮機の省エネルギー性能を考えるには、全負荷時だけでなく、操業状態（部分負荷時）での負荷性能も非常に重要である。

部分負荷時における省エネルギーの視点では、主モータにインバータ機を採用するのが最も効果的である。回転数制御による一定圧制御を行うことで無駄な昇圧を行わずに必要な空気量だけを圧送することができ、電力使用量を最小限に抑えることができる。このような背景から、今回のモデルチェンジでは下記3点の改善を行った。

- ①出力クラスの追加
- ②高圧力仕様の追加
- ③永久磁石モータの採用

表2に新型ALEシリーズにおけるインバータ採用機の出力行ラインナップを示す。出力クラスの追加に加えて高圧力仕様の機種を追加し、インバータ採用機を従来の2機種から8機種に拡充した。また、部分負荷特性を向上させるため、当社では永久磁石モータを採用している。

以上のように、「出力クラスの追加」や「高圧力仕様の追加」、「永久磁石モータの採用」を行ったことにより、顧客の要求に合致した機種の提供が可能となった。

3.2 吐出空気量の増量

顧客は、より小さな出力でより吐出空気量が多い圧縮機を求めている。新型ALEではそのニーズに応えるべく、従来から採用している高性能ロータや低圧損クーラに加え、歯車のサイジングの見直しなど、設計の最適化を行った。表3に従来機と新型ALEの比較を示す。吐出空気量は、従来の同出力機と比較して最大12.5%と大幅にアップした。

3.3 圧力範囲の拡大

スクリュ圧縮機では、0.1MPaの昇圧を行うと動力が約7%上昇する。一方、汎用圧縮機のラインナップ特性上、最大使用圧力に区切りがある。表4に示したとおり、新型ALEでは0.7MPa、0.88MPa、1.0MPa仕様とな

表2 インバータ機の出力行ラインナップ

Table 2 Lineup of inverter unit

	120kW	132kW	145kW	160kW	180kW	200kW	220kW	250kW	270kW	290kW
0.7MPa				○	★			○	★	
0.88MPa				★	★			★	★	

(★: new lineup)

表3 新型ALEの吐出空気量

Table 3 Air discharge rate of new ALE

		(m ³ /min)									
		0.7MPa	120kW	132kW	145kW	160kW	180kW	200kW	220kW	250kW	270kW
New ALE	50Hz	22.3	24.7	27.3	29.8	33.6	37.4	39.7	45.0	49.2	
	60Hz	22.1	24.5	27.4	29.8	33.9	37.4	39.7	45.0	49.3	
	ALE	50Hz	21.5	23.8	26.3	28.3	32.7	36.3	39.0	43.5	48.0
		60Hz	21.8	23.9	26.3	28.3	32.8	36.4	39.2	43.6	48.0
	UP (%)	50Hz	3.7	3.8	3.8	5.3	2.8	3.0	1.8	3.4	2.5
		60Hz	1.4	2.5	4.2	5.3	3.4	2.7	1.3	3.2	2.7
New ALE	50Hz	23.6	25.8	29.6	35.6	39.7	41.9	45.3			
	60Hz	23.6	26.2	29.5	35.8	39.9	42.5	46.0			
	ALE	50Hz	21.4	23.7	26.3	32.7	36.2	38.9	43.4		
		60Hz	21.7	23.8	26.3	32.8	36.3	39.1	43.6		
	UP (%)	50Hz	10.3	8.9	12.5	8.9	9.7	7.7	4.4		
		60Hz	8.8	10.1	12.2	9.1	9.9	8.7	5.5		
New ALE	50Hz	23.6	26.3	35.7	39.6	41.9					
	60Hz	23.5	26.2	32.7	36.3	39.1					
	ALE	50Hz	21.4	26.3	32.7	36.2	38.9				
		60Hz	23.5	26.2	35.8	39.8	42.5				
	UP (%)	50Hz	10.3	0.0	9.2	9.4	7.7				
		60Hz	8.3	0.0	9.5	9.6	8.7				

表4 新型ALEの圧力仕様

Table 4 Pressure specifications of new ALE

Pressure	New ALE	ALE
1.03MPa	1.0MPa UNIT (MAX1.03MPa) ex) 160kW: 23.5m ³ /min	1.0MPa UNIT ex) 160kW: 21.7m ³ /min
1.0MPa		
0.93MPa	0.88MPa UNIT (MAX0.93MPa) ex) 160kW: 26.2m ³ /min	0.93MPa UNIT ex) 160kW: 23.8m ³ /min
0.88MPa		
0.75MPa	0.7MPa UNIT (MAX0.75MPa) ex) 160kW: 29.8m ³ /min	0.69MPa UNIT ex) 160kW: 28.3m ³ /min
0.7MPa		
0.69MPa		

っている。この仕様圧力の区切りがギヤ比に基づく圧縮機本体回転速度の区切りであり、吐出空気量もこれによって決定される。今回、例えば従来機では最大0.69MPa仕様であったものを0.75MPaまで使用できるように変更し、より吐出空気量の多い機種をより高い圧力でも使用できるようにした。最大使用圧力を超える場合、1ランク上の圧力設定機種で選定することになり、回転数が低い（＝風量が少ない）運転となる。新型ALEでは、より幅広い圧力設定が可能となるような圧力ラインナップに変更した。

例を挙げると、160kW機で必要圧力が0.7MPaとした場合、従来シリーズでは23.8m³/minの0.93MPa仕様機の選定となるが、新型ALEでは29.8m³/minの0.7MPa機を選定することができ、約25%の空気量増加が期待できる。顧客にとって、より空気量の多い機種が選定できるメリットがある。その他、0.88MPa機、1.0MPa機も従来シリーズの圧力設定範囲をカバーしている。

3.4 コンパクト設計

汎用圧縮機は工場の動力室など限られた敷地内に設置される。そのため、より小さな設置面積が求められる。新型ALEは内部構造部品の適正配置を行うことにより、従来シリーズより最大10%設置面積を削減することに成功した。これにより、従来よりも動力室のスペースが有効に活用できる効果がある。

3.5 吐出空気清浄度等級クラスゼロの継続

ALEシリーズは、従来シリーズより「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 (Technische Überwachungsvereine Rheinland) より取得している。すなわち、当社のオイルフリー技術によって吐出空気品質の最高レベルが確保されていることが外部公的機関にも認められている。新型ALEでもこのクラスゼロを継承しており、最高品質の清浄度の圧縮空気を要求する顧客のニーズに答えている。

3.6 その他の特長

ALEシリーズは鋳物製ケーシングのガスクーラ（インタクーラおよびアフタクーラ）を採用している。新型ALEでは、ガスクーラケーシングの肉厚最適設計を行った。ガスクーラは圧力容器であり、法規に定められた

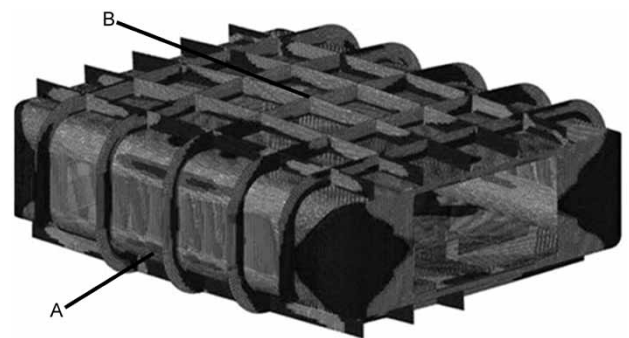


図4 ガスクーラのFEM応力解析結果
Fig. 4 Result of FEM stress analysis for gas cooler

耐圧強度を確保しなければならない。ALEシリーズのガスクーラの配管は本体下に配置している。これは、配管の熱膨張を逃がすことと圧損低減を目的として配管の最短ルートを実現するためである。また、ガスクーラは架台兼用とするため直方体形状としている。このため形状が特殊であり、破壊テストによる強度確認の必要があったが、本開発ではFEM解析による肉厚の最適化および軽量化を行った。新型ALEのFEM応力解析結果を図4に示す。従来のガスクーラは、上下平面部にのみリブを設けた構造であった。これは、直方体形状の圧力容器に内圧が作用した場合、最も広い平面部で変形（たわみ）が大きくなると予想したためである。しかし、FEM解析の結果では、アフタクーラを例に挙げると応力が高い部分は図4のA部（肉厚29mm）であり、B部（肉厚23mm）の応力は低かった。側面リブを追加して内圧によるたわみを抑えることでガスクーラ全体の肉厚を薄くすることができた。その結果、総重量を約10%削減することができた。このことは材料費削減にも寄与している。

むすび＝新型ALEはオイルフリースクリュー圧縮機に対する顧客のニーズをもとに開発し、環境性能の向上にも積極的に取り組んだ商品である。

今後とも顧客のニーズに対応した製品を開発し、シリーズの拡大および改善に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 松隈正樹. 省エネルギー 第1版. 財団法人省エネルギーセンター, 2006, p.42-50.