

(解説)

水噴射式インバータ駆動オイルフリースクリュ空気圧縮機 「エメロードアクア[®]」

Inverter-motor Driven, Water-injected, Oil-free Screw Air Compressor;
EmerauDe- Aqua[®] Series



戸塚順一朗*

Junichiro TOTSUKA

Kobe Steel has developed a series of oil-free, screw air compressor; the EmerauDe-Aqua series, which uses water injected during compression for sealing and cooling of elements. Each compressor employs Kobe Steel's original non-contact screw, along with an interior permanent magnet (IPM) high-speed motor driven by an inverter and connected directly with the screw rotor so as to assure high performance for a wide range of flow volume.

まえがき = あらゆる産業で一般的に使用されている空気圧縮機の消費電力は、日本の総電力量の5%、国内製造業事業所の20~30%に相当する。近年の地球温暖化対策法、省エネ法、ISO14000の整備により、環境負荷の小さい空気圧縮機の需要が高まってきた。吐出し空気に油分を含まないオイルフリー圧縮機は環境負荷が小さいことや、給油式圧縮機ではインバータ駆動型への置換が進んでいる(図1)ことから、今後ともインバータ駆動のオイルフリー圧縮機の需要は伸びると考えられる。

当社は1956年に国内で初めてドライオイルフリースクリュ圧縮機を開発、量産し、現在はエメロードALE/FEシリーズを生産する世界有数のドライオイルフリースクリュ圧縮機のメーカーである。また、2002年より高速IPM(Interior Permanent Magnet)モータをスクリュ圧縮機本体のロータ軸に直接取付け、電動機軸受が不要になるオーバング直結構造の特長をもち、大きな省エネ特性を有する給油式インバータ駆動スクリュ圧縮機

(KOBELION VS/VXシリーズ¹⁾)を開発、販売する国内有数の給油式スクリュ圧縮機のメーカーである。

当社は高効率なインバータ駆動のオイルフリー圧縮機の需要に対応すべく、ドライオイルフリースクリュ圧縮機の非接触本体の技術と給油式インバータ駆動スクリュ圧縮機の高速IPMモータ直結構造の技術を融合した水噴射式インバータ駆動オイルフリースクリュ圧縮機「EmerauDe-Aqua(エメロードアクア)シリーズ(EA400AD-VS, EA650AD-VS)」を開発し、2008年3月より販売を開始した。本稿ではこのEmerauDe-Aqua(エメロードアクア)シリーズについて紹介する。

1. 商品コンセプト

前述したように、エメロードアクアは「当社のドライオイルフリースクリュ圧縮機の技術と給油式インバータ駆動スクリュ圧縮機の技術を融合して、高効率の省エネコンプレッサを開発し、地球温暖化防止に貢献する」を掲げて商品開発した。エメロードアクアの仕様を表1に、外観を図2に示す。

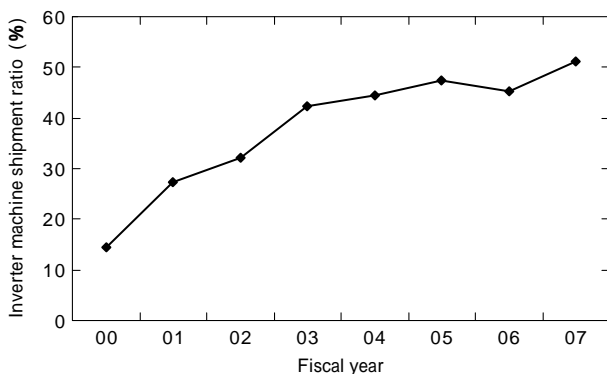


図1 給油式スクリュ圧縮機のインバータ機出荷比率(当社中形クラス)

Fig. 1 Inverter machine shipment ratio in our medium-class oil injected screw compressor

表1 仕様
Table 1 Specifications

Type	EA400AD-VS	EA650AD-VS
free air delivery (m ³ /min)	3.7~4.0	6.2~6.5
discharge pressure (MPa)	0.69~0.59	0.69~0.59
rated motor power output	22.7	37.7
noise level (dBA)	62	65

*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2 EA650AD-VS 外観
Fig. 2 Outside view of EA650Ad-VS

2. エメロードアクアの特長

2.1 IPM モータ直結駆動非接触本体

エメロードアクアの本体断面構造図を図3に示す。雄ロータの軸端には高速 IPM モータが直接取付けられている。また、雄ロータ、雌ロータのもう一方の軸端にはタイミングギヤが取付けられており、雌ロータはこのタイミングギヤで駆動される。これら一対の雄ロータと雌ロータをお互い反対方向に回転させ、空間容積を減少させることによって空気を圧縮する。

給油式、水噴射式などの液噴射スクリュウ圧縮機における液の役割は、

- ・圧縮行程に液を噴射して吐出空気温度を冷却し、圧縮効率を向上させる
- ・雄・雌ロータ間、ロータとケーシング間など圧縮室の隙間を液でシールし、漏れ空気量を低減することによって圧縮効率を向上させる
- ・雄ロータが雌ロータを駆動する際の潤滑剤として作用する

の三つである。水の潤滑性は油と比べると格段に低い。給油式スクリュウ圧縮機のように金属製の雄・雌ロータを接触駆動させると、ロータが焼きついたり摩耗したりする。このため、競合他社では水噴射機用に工夫した樹脂ロータを用いて水環境に対応している。

エメロードアクアでは、ドライオイルフリースクリュウ圧縮機と同様に、タイミングギヤを用いて金属製の雄・雌ロータ間を微少な隙間を保持して非接触駆動させるとともに、圧縮行程に水を噴射させる構造とした。この構造によって、水は圧縮行程の冷却とシール性向上にだけ用いられるため、水環境下において雄・雌ロータを接触駆動させる時の課題である摩耗による性能低下が発生しなくなる。また、ロータ材を樹脂でなく金属とすることで熱膨張による寸法変化が小さくなること、加工精度が安定することなどのため、雄・雌ロータ間、ロータとケーシング間の隙間を小さく設計することが可能となり高い圧縮効率を達成した。

タイミングギヤや軸受などの潤滑は信頼性の高いオイルバス式とした。油のかくはんによる油温上昇対策は循

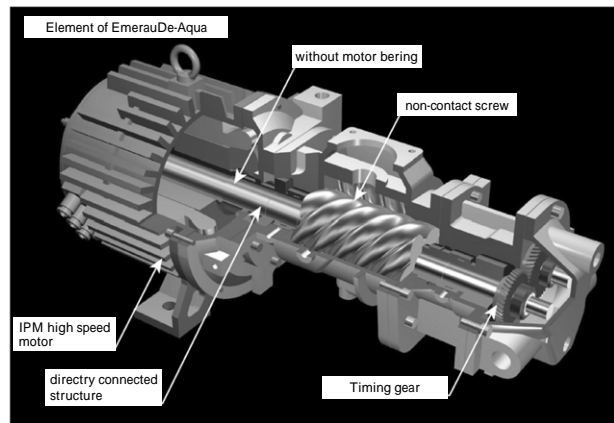


図3 エメロードアクア本体断面図
Fig. 3 Cross sectional view of EmeraldDe-Aqua

環水配管(銅管内に循環水を流す)を油室内に通過させ、水・油の熱交換器として利用する方式を採用することによって高コストの要因となる油循環システムと油冷却装置を不要にした。

軸封部には水用、油用シールの間に大気開放穴とドレン穴を設け、万一の場合も水と油が混じり合うことがない設計にするとともに、油室内圧を当社のドライオイルフリースクリュウ圧縮機で採用している超低圧力損失形エグゾーストクリーナを用いることにより、大気圧に開放して油漏れ対策を講じている。

また、当社の給油式インバータ駆動スクリュウ圧縮機と同様に、スクリュウ圧縮機本体のロータ軸に電動機のロータを直接取付けるオーバハング直結構造を採用することによって電動機軸受を省略した。モータには総合効率に優れた IPM 高速モータを採用し、広範囲な部分負荷特性を獲得するとともに、小形軽量化を達成した。

2.2 クラス No.1 の省エネ

エメロードアクアは、水噴射式新型圧縮機本体の採用によりクラス最大の吐出風量を達成した。これは、当社の給油式インバータ駆動スクリュウ圧縮機でも採用している下記3点の省エネ機能を備えている。

- ・ワイドレンジ制御：吐出圧力を監視し、圧力が下がった場合の電動機余裕分を回転数増加に用いて容量制御範囲を 15~105% (EA650AD-VS) まで拡大して風量を増加させる。ワイドレンジ制御の増風量概念を図4に示す。
- ・残圧起動：停止後直後にエアが必要となった場合も即時起動する。
- ・冷却ファンのインバータ化：冷却ファンのインバータ制御は吐出温度に応じて回転数制御するもので、低負荷運転時や周囲温度が低い時にはファン回転数を抑えて消費電力を低減させる。図5に吐出温度とファンの消費電力の関係を示す。

これらを具備することにより、あらゆる負荷状況において同クラスのオイルフリー圧縮機の中で最大の吐出空気量を実現した(図6)。

2.3 クラス最高の静粛性

エメロードアクアの騒音対策設計には、鉄道、建設機械、高速道路などの騒音対策で実績のある当社開発のシ

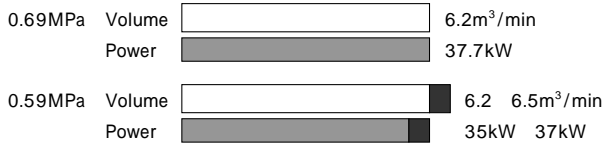


図4 増風量概念

Fig. 4 Concept of air volume increase

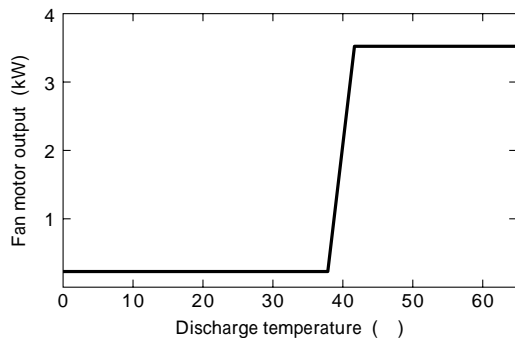


図5 冷却ファンインバータ化

Fig. 5 Cooling fan inverter making

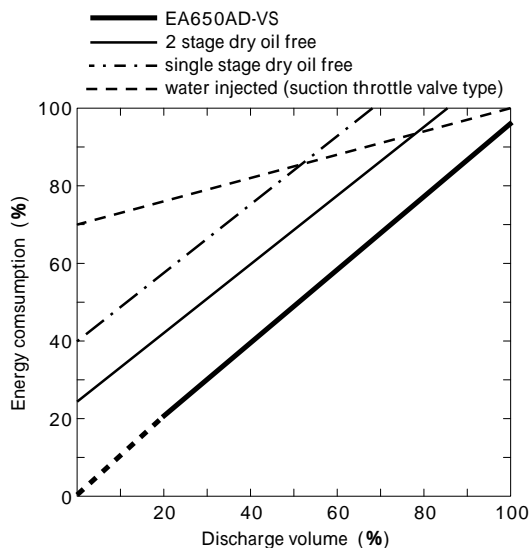


図6 性能比較 (37kW クラスオイルフリー機)

Fig. 6 Performance comparison (37kW class oil free compressor)

ミュレーション技術を活用した。同出力の当社の2段ドライオイルフリースクリュー圧縮機 FE540AD とエメロードアクア EA650AD-VS との騒音比較を図7に示す。EA650AD-VS ではFE540AD と比べて耳障りな1.0~

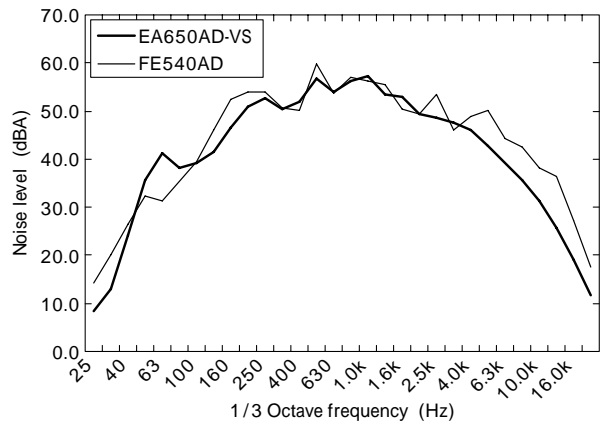


図7 騒音比較

Fig. 7 Noise comparison

6.3kHz の高音域の音圧レベルが抑えられており音質面が改善された。また、全負荷運転時の騒音値は同クラス機最小であり、冷却ファンのインバータ制御によって低負荷運転時や周囲温度が低い場合には、ファン回転数が下がるためさらに低騒音となる。

2.4 水質管理, 耐食性

水噴射式コンプレッサの課題である循環水の水質管理はドライアドレン循環方式の採用で解決した。ドライヤから得られるドレン水が純水なみの性質を持つことを利用し、ドレン水を回収、循環させることで従来必要であった純水装置などのオプションが不要になった。また、接水部はステンレス鋼、銅合金、樹脂・ゴムによってのみ構成することでドライアドレン循環方式と合せて耐食性を確保した。

むすび=エメロードアクアは、広い流量範囲での省エネ、オイルフリー化、低騒音化などの現在最も重要度が高い環境問題に積極的に取り組んだ商品である。

当社は今後も省エネ形圧縮機の開発を通じ、地球温暖化防止、CO₂削減に貢献したいと考えている。

参考文献

- 1) 中村 元ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.55, No.2 (2005) pp.97-99.