

(解説)

# 大型油冷式スクリュ圧縮機

## Large Oil-flooded Screw Compressor



落合圭太\*1  
Keita OCHIAI



天野靖志\*2  
Yasushi AMANO

Oil-flooded screw compressors are capable of attaining high discharge pressures and high pressure ratios in one stage. They are widely used in a variety of industry sectors thanks to their features such as high efficiency, space saving and long-time operability. Kobe Steel has been working on expanding the application range of compressors and on improving the technologies of lubrication oil and oil separation so as to expand their applicability. As a means of expanding the application range, a large oil-flooded screw compressor whose processing air volume is in the world's greatest class has been newly developed and added to the lineup of the oil-flooded screw compressors, "X series." This paper explains the structure of the large oil-flooded screw compressor and introduces the examples of its application.

まえがき = 油冷式スクリュ圧縮機は1段で高吐出圧力、高圧力比が達成可能であり、高効率、省スペース、長時間運転性などの特徴により産業界で広く使用されている。そうしたなかで当社では、圧縮機の適用レンジの拡大と潤滑油技術・油分離技術の向上に取り組み、適用用途の拡大を図っている。

適用レンジ拡大のための一つの取り組みとして、処理風量が世界最大級である大型油冷式スクリュ圧縮機を油冷式スクリュ圧縮機「Xシリーズ」として新たに開発し、ラインナップに加えた。本稿では、この大型油冷式スクリュ圧縮機（以下、本圧縮機という）の構造について解説し、その適用事例を紹介する。

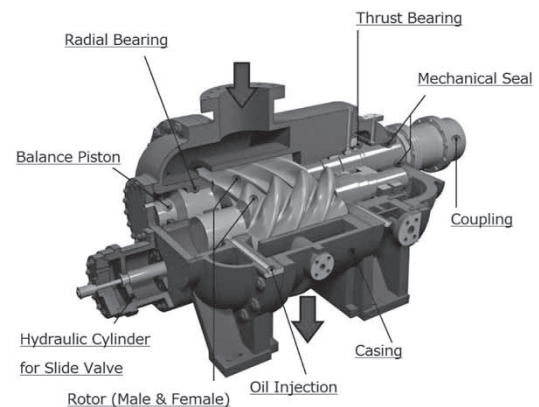


図1 大型油冷式スクリュ圧縮機の構造  
Fig. 1 Structure of large size oil flooded screw compressor

### 1. 本圧縮機の構造と特徴

本圧縮機の仕様、構造および外観写真をそれぞれ表1、図1、および図2に示す。ガスは吸込ノズルより吸い込まれ、互いにかみ合うように配置された雄・雌ロータで圧縮された後、吐出ノズルから吐き出される。各ロータの両側にはラジアル軸受が配置され、吐出側ラジアル

表1 圧縮機諸元 (KOBELCO X-Series)

Table 1 Basic specifications of large size oil flooded screw compressor (KOBELCO X-Series)

Max. Working Discharge Pressure	35 barG
Max. Working Suction Pressure	30 barG
Casing Design Pressure	45 barG
Capacity Range	~35,000 m <sup>3</sup> /h
Rotor Material	Forged steel
Casing Material	Cast steel
Mechanical Seal Material	SiC + SiC
Bearings	radial: Babbittes sleeve type thrust: Tilting pad type
Capacity Control	Step less 100~15%

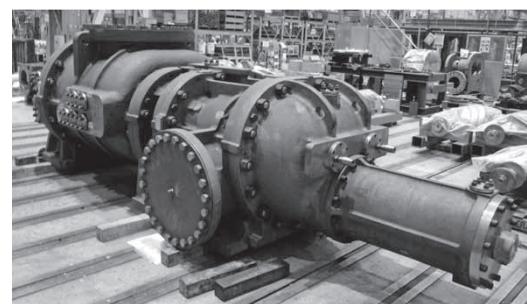


図2 大型油冷式スクリュ圧縮機外観  
Fig. 2 Appearance of large size oil flooded screw compressor

軸受の反ロータ側にはそれぞれにスラスト軸受が配置されている。また、雄ロータのケーシング貫通部にメカニカルシールを配し、取り扱いガスの機外への漏れを防止している。

#### 1.1 圧縮機本体の特徴

当社スクリュ圧縮機の特徴として、各用途に合わせて最適な歯形形状を開発・採用していることが挙げられる。

\*1 無錫圧縮機股份有限公司 \*2 機械事業部門 圧縮機事業部 回転機本部 回転機技術部

容積効率の向上を図るためには、単位行程体積あたりのロータ間のシール線長さの短縮に加えて、雄・雌ロータとケーシング間に形成されるブローホールと呼ばれる吹き抜け部の縮小化、および圧縮歯溝間の圧力比を抑えるロータの巻角を検討する必要がある。しかしながら、これらをすべて最小化・最適化できるものではない。当社は独自の歯形理論を展開した歯形設計用シミュレーションプログラムを開発し、用途に合わせた最適な歯形形状を採用している。

本圧縮機はこのプログラムを用いて歯形設計を行った。ロータ歯数の組み合わせ、およびロータ長さをパラメータとしてガス圧による軸受荷重シミュレーションと性能シミュレーションを行った。また、ガス圧縮中にロータ歯溝間に潤滑油を噛み込むことによって発生する振動を抑えるロータ形状を見だし、採用した。

ラジアル軸受はスリーブタイプとし、ロングロータ化による高荷重と高周速化による軸受温度上昇に対応するため、負荷容量のアップと冷却性の改善を合わせもつ軸受を採用している。また、スラスト軸受はティルティングパッド型とした。

## 1.2 圧縮機システムの特徴

油冷式スクリュウ圧縮機システムの系統を図3に示す。吸込ガス濾過（ろか）器・逆止弁を通過したガスは圧縮機で昇圧される。油冷式スクリュウ圧縮機は、ロータや軸受の潤滑や圧縮熱の除去などを目的に多量の油をガス中に給油しているため、この油を許容油分量まで分離・除去する必要がある。油は油回収器（図3中のBulk oil separator）内で一次分離される。分離された油は油冷却器を経て再び圧縮機へ給油される。その後、高次分離エレメント（図3中の2nd oil separator）で油分をさらに分離・除去する。高次分離エレメントには特殊微細繊維フィルタ（コアレッサフィルタ）を採用している。

油分離については、油回収器において従来のデミスター型油分離に加え、容器内のガスにサイクロン効果を持

たせて分離効率を向上させた。また、高次分離エレメントで用いられる特殊微細繊維フィルタの素材を見直すことにより、エレメント1本あたりの油捕集効率を向上させている。これら油分離システムの分離効率を向上させることにより、処理風量の増加による付属機器の大型化を最小限にとどめるように配慮している。

## 2. 本圧縮機の適用用途

本圧縮機の特長を生かした適用用途としては以下が挙げられる。

<石油精製・石油化学分野>

- ・PSA（Pressure Swing Adsorption）Tail Gas用圧縮機
- ・PSA Feed Gas用圧縮機<石炭化学分野>
- ・COG（Coke Oven Gas）用圧縮機

これらの用途には油冷却式スクリュウ圧縮機が多く採用されており、プラントの大型化に伴って複数台を設置し対応するようなケースも多い。圧縮機の大型化によって台数を減らし、主電動機や油分離システムなどの構成機器数も減らすことによってコストダウンが図られる。さらに、圧縮機設置スペースを削減できることから据付費用のコストダウンにも寄与できる。

### 2.1 PSA用圧縮機

PSA（Pressure Swing Adsorption）水素圧縮機ユニットの外観を図4に示す。水素は石油精製分野や石油化学分野で広く使われている。水素の精製方法ではPSAが用いられることが多い。水素はその生成方法から、圧縮機の吸込圧力としては低圧（大気圧程度）のものが多く、用途に応じた圧力に昇圧するには高圧力比の圧縮機が一般に必要となる。さらに、水素は分子量が小さいため漏れやすく、高い圧力比の昇圧を行うことが難しい。このため、通常は複数段の圧縮システムとなる場合が多い。

油冷式スクリュウ圧縮機は、圧縮中のロータ室内に潤滑

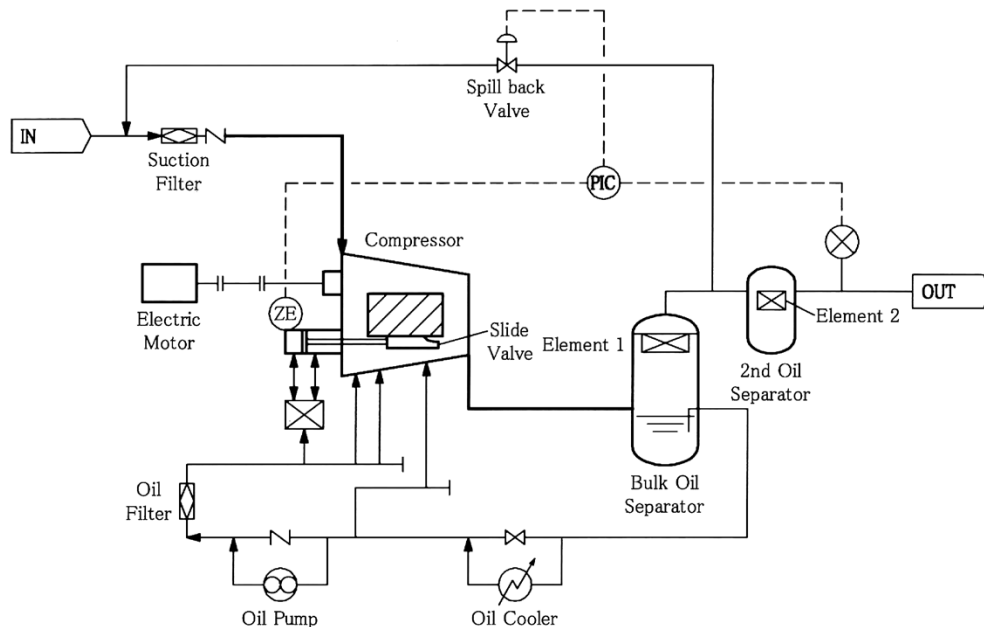


図3 油冷式スクリュウ圧縮機の系統  
Fig.3 Schematic diagram of oil flooded screw compressor



図4 PSA水素ガス用スクリュウ圧縮機ユニットの外観

Fig. 4 Appearance of screw compressor for PSA hydrogen process

油を給油することでロータ間のガスの漏れを少なくし、温度上昇も抑えることができる。1段で高い圧縮比を達成することができるうえ、シンプルなシステム構成と信頼性の高さから予備機が不要であり、省スペースを実現している。

また、圧縮機下流のプロセスに影響を及ぼさないようにコアレスフィルタによる油分離性能も確立されてお

り、必要に応じて活性炭吸着による50ppbレベルまでの油分離も可能としている。

## 2.2 COG用圧縮機

製鉄プラントにおいては、石炭からコークスを製造する過程で発生するCOGが製鉄所内のガスカット用燃料、あるいは自家用発電に利用されている。いっぽう、水素を多く含むことからPSA設備によって水素を精製したり、高度活用として代替天然ガスを製造する設備の建設も計画されており、今後さらに大型油冷式スクリュウ圧縮機の需要が見込まれている。

**むすび** = 油冷式スクリュウ圧縮機の優れた特性を生かして新しい用途を開拓し、今後も産業界に大いに貢献していきたいと考えている。

## 参 考 文 献

- 1) 天野靖士. R&D神戸製鋼技報. 2005, Vol.55, No.2, p.109.
- 2) 日本石油学会. 回転機討論会予稿集. 2006年9月.
- 3) Turbo machinery Symposium Proceedings (USA), September 2006.
- 4) International Rotating Equipment Conference 2008. October 2008, Düsseldorf.