

(技術資料)

世界最大容量無給油式スクリュウ圧縮機「KS80型」

World's Largest Capacity Oil-free Screw Compressor "MODEL KS80"



高木秀剛*
Shugo TAKAKI



大江良和*
Yoshikazu OE

Large capacity oil-free screw compressors are mainly used in petrochemical plants such as styrene monomer, and linear alkyl benzene plants, where suction and discharge pressures are relatively low and large capacity is needed. Recently, these plants have tended to become larger and the requested capacity to the compressor also has tended to become larger. To satisfy such a market needs, we have developed the world's largest capacity oil-free screw compressor "Model KS80" by using the design technology and manufacturing technique of the large screw compressor. In this paper, the design concepts and features of "Model KS80" are introduced.

まえがき＝当社のプロセスガス用無給油式スクリュウ圧縮機は石油化学、一般化学、石油精製、ガス事業などの分野で幅広く使用されている。その中でも、ポリエステル樹脂、合成ゴム、スチレン系樹脂などの原料として幅広く用いられているスチレンモノマや合成洗剤の原料、合成潤滑油として用いられているリニアアルキルベンゼンなどに代表される石油化学プラントにおいては、比較的低压で大容量の無給油式スクリュウ圧縮機が使用されている。当社は、低压・大容量用途に特化した「EX シリーズ」をはじめ、大型の無給油式スクリュウ圧縮機を豊富に取り扱っており、このような低压・大容量用途にも多くの納入実績がある。

近年ではスチレンモノマプラントの大型化が進んでおり、これに伴って圧縮機に要求される処理風量も増えてきている。このような市場ニーズに対して当社は、世界最大級の容量をもつプロセスガス用無給油式スクリュウ圧縮機「KS80 型」をメニュー化して対応している。本稿ではこの「KS80 型」の設計コンセプトや特長について紹介する。

1. 用途

大型の無給油式スクリュウ圧縮機の代表的な用途としては、

- ・スチレンモノマプラント用オフガス圧縮機
- ・リニアアルキルベンゼンプラント用リサイクルガス圧縮機

などがある。また、これらの用途においてはつぎのような要件への対応が求められる。

- 1) 大容量である。
- 2) 吐出ガス圧力が低压である。
- 3) ガス中に異物が含有されている。

- 4) 圧縮過程でポリマが生成される可能性がある。
- 5) 圧縮によるガス温度上昇の抑制、およびガス中の異物洗浄の目的で内部注水を行う。

KS80 型はこれらの要件を満足した設計となっている。

2. 設計仕様

KS80 型の標準モデルである KS80LZ と当社 EX シリーズの最大機種 KS63EX の行程体積比較を表 1 に示す。KS80LZ は世界最大級のロータサイズとなっており、同一のロータ周速とした場合で KS63EX の約 20% 増の行程体積を持つ。

各部の特長については以下に述べる。

2.1 圧縮機ノズルレイアウト

KS80 型は、圧縮機本体の吸込ノズルと吐出ノズルをともに下向きにレイアウトしている (図 1)。これには以下のようなメリットがある。

- 1) 圧縮機に接続する大型のサイレンサおよびプロセスガス用配管の取回しを容易にすることができる。
- 2) 圧縮機のメンテナンス時に大型のサイレンサの取外しが不要となり、作業性が向上する。
- 3) 下向きの吐出ノズルは、ロータ室内部に注入した水や溶剤、混入した異物の排出を促すと同時に、ポリマなどの生成物の落下によるロータ損傷を防止することができる。

表 1 同一ロータ周速における行程体積比較

Table 1 Comparison of theoretical displacement volume at same tip speed

Specification	KS80LZ	KS63EX
Male rotor speed (rpm)	3,675	4,570
Theoretical displacement volume (m ³ /h)	96,000	80,000

*機械エンジニアリングカンパニー 圧縮機事業部 回転機技術部

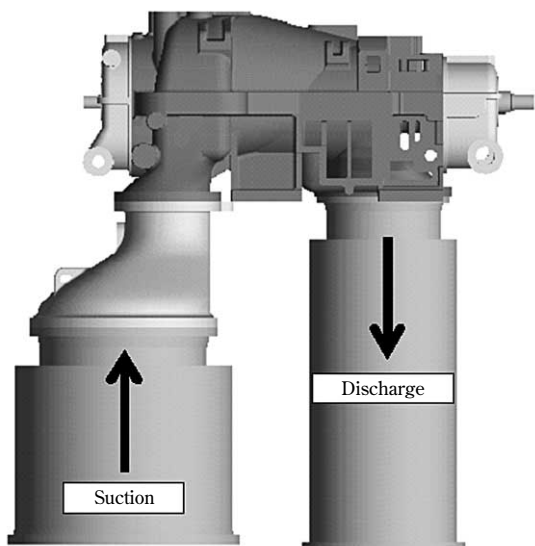


図1 KS80型のノズルレイアウト
Fig. 1 Compressor nozzle layout of model KS80

2.2 ケーシング

当社大型機では水平分割構造のケーシング(図2)を採用しており、圧縮機の組立・分解やメンテナンスにおける作業性の向上を図っている。

ケーシングの材質は炭素鋼鋳鋼材を標準としており、内部注水を行う場合のように耐食性が要求されるときには、オプションとしてロータ室内面に数mm厚のオーステナイト系ステンレスの肉盛溶接を施すことも可能である。この肉盛溶接は当社の長年に渡る試行錯誤の上に確立された技術である。とくにスチレンモノマオフガス用途では多くの採用実績があり、高い耐エロージョン効果が確認されている。また、ステンレス鋳鋼材のケーシングと比較してコストや素材入手性の面においても優れている。

無給油式スクリュウ圧縮機のケーシングは構造が複雑であるため、3D-CADモデル(図3)を作成することによって詳細部分まで視覚的に確認している。また、その3Dモデルを用いて熱変形解析や温度分布解析を行っている。さらに、ケーシングの鋳造には高度な技術が要求されることから、凝固シミュレーションを行うことによって欠陥発生部を事前に把握し、対策を施すことによって鋳造不具合の防止を図っている。

2.3 ロータ

ロータの材質は、主に炭素鋼鍛造材とステンレス鋼鍛造材を用途によって使い分けている。例えば、内部注水を行う場合は耐エロージョン特性に優れたステンレス材料を採用している(図4)。

KS80型はEXシリーズと同様に、非冷却ロータを採用することによってロータの溶接工程をなくし、ロータ製作のコスト低減および製作時間の短縮を図っている。また、吸込圧力と吐出圧力の差が小さい特定用途においては、ロータに作用するガス荷重が小さいため、軸受部や軸封部のロータ軸径を比較的細く設計しても十分な剛性が確保できる。これによって軸受や軸封も相対的に小さくすることができ、圧縮機本体のコンパクト化に寄与する。

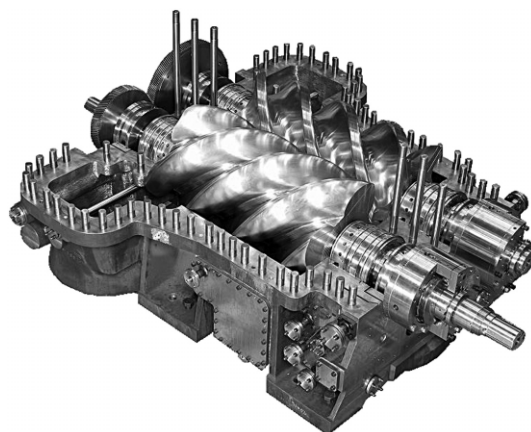


図2 水平分割構造ケーシング
Fig. 2 Horizontal split type compressor casing

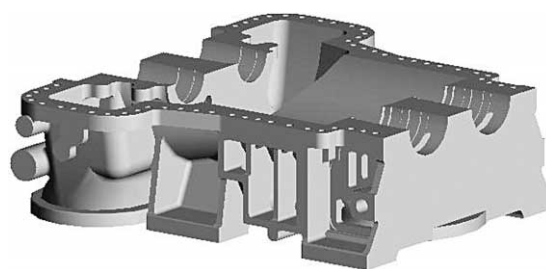


図3 ケーシングの3次元モデル
Fig. 3 3-D model of compressor casing

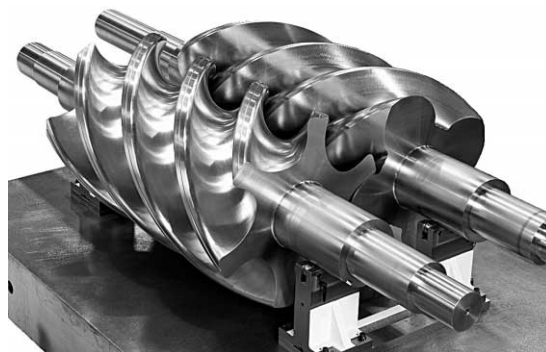


図4 ステンレス製ロータ
Fig. 4 Stainless steel rotor

2.4 軸封システム

プロセスガス用圧縮機の重要技術の一つとして軸封システムが挙げられる。当社の無給油式スクリュウ圧縮機では、複数種類の軸封方式の中からユーザーの要求仕様や用途に合った最適なものを選定することが可能である。当社の軸封方式のうち、石油化学プラント向けの大型機に多く採用される軸封としては以下の3種が挙げられる。

- 1) カーボンリングシール(シールガス封入式)
- 2) 軸受油膜シール
- 3) 静圧型ドライガスシール

KS80型についても上記の軸封が全て適用可能な設計となっている。

とくに静圧型ドライガスシールの適用に際しては、従来の当社大型機の場合、水平分割型の上下ケーシングを結合した状態で軸方向から軸封の取付け・取外しを行う構造となっていた。これに対してKS80型では、上下ケーシングを結合していない状態で水平方向から軸封の取付け・取外しが行える構造に設計しており、圧縮機の組

立・分解やメンテナンスにおける作業性の向上を図っている。

2.5 同期歯車

当社の無給油式スクリュウ圧縮機の同期歯車は分割構造を採用しており(図5)、歯車のバックラッシュを調整することが可能である。歯車のバックラッシュをロータのバックラッシュよりも小さく調整することにより、圧縮機の緊急停止時などにおいてもロータ同士の接触を回避することができ、圧縮機の信頼性向上に寄与している。

KS80型の同期歯車は、高強度の材料を選定することによって必要強度を確保しつつ、軸方向寸法を従来機並に小さくしている。これにより歯車の重量増を抑えることができ、運転時のロータの安定性向上にも寄与している。

2.6 注水システム

内部注水を行う場合、水が気化しやすい噴霧状態となるように注水ノズルの設計を行っている。また、噴射した水がプロセスガス中に均一に拡散するようにガスの流れに対向する形で注水を行っている。これにより、注水によるケーシングやロータへのエロージョンの影響を低減させることができる。

2.7 サイレンサ

当社の無給油式スクリュウ圧縮機には吸込ノズル・吐出ノズルの両方にサイレンサを取付けており、プロセスガス配管内の音響エネルギーの低減を図っている。スクリュウ圧縮機では、吐出脈動の影響によってとくに吐出側の音響エネルギーが大きく、これをいかに低減させるかがサイレンサ設計のポイントとなる。

大型のスクリュウ圧縮機は、中・小型の圧縮機に比べてロータの回転数が低く、吐出脈動の周波数も低周波となっている。このため、吐出配管内の音響エネルギーを効果的に低減させるには低周波脈動成分をうまく低減させる必要がある。またスチレンモノマオフガス用途などでは駆動機にスチームタービンを用いて可変速運転を行うことが多く、より広い周波数範囲の脈動成分を低減させる必要がある。

当社は、ガスの種類や必要な音響特性に合わせて最適なサイレンサを設計する技術を持っており、KS80型用サイレンサについても客先仕様に応じた最適なもの

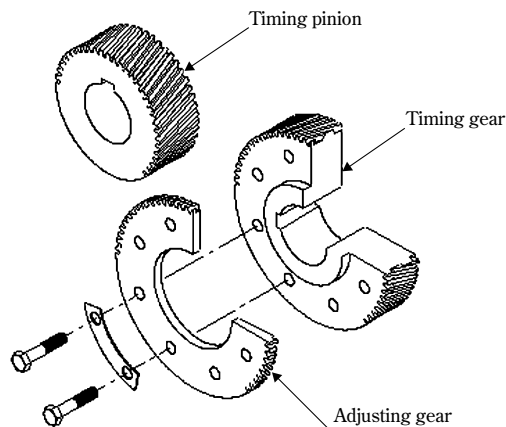


図5 同期歯車

Fig. 5 Split piece timing gear

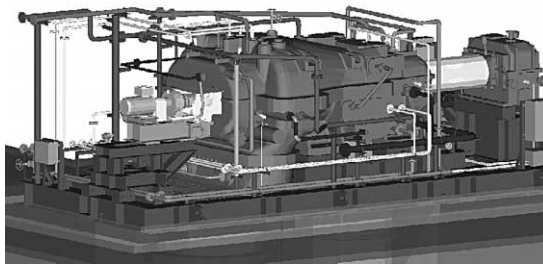


図6 圧縮機ユニットの3次元モデル

Fig. 6 3-D model of compressor unit

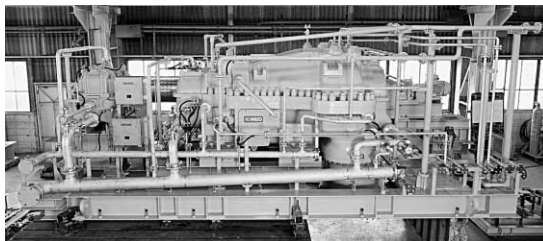


図7 スチレンモノマプラント向け世界最大容量無給油式スクリュウ圧縮機

Fig. 7 World's largest capacity oil-free screw gas compressor for styrene monomer plant

計することが可能である。

2.8 配管レイアウト

圧縮機ユニットの設計にあたって当社は、3D-CADを用いた配管レイアウトを行っている(図6)。3D-CADの活用により、配管同士の干渉チェックや実際の作業性の検討を行うことができる。

3. 試運転による確認

当社では客先への出荷前に所内試運転を行い、設計仕様を満足する性能が実現できていることや、機械的安定性に問題がないことを確認している。

これに加えKS80型の試運転においては、2.7節で述べたサイレンサの内部の音圧を測定し、管内の音響エネルギーが設計どおり低減されていることを確認している。

4. 今後の展望

スチレンモノマプラント向けに納入したKS80LZを図7に示す。今後もこのような低圧・大容量用途向けにKS80型を拡販していく予定である。また、今後さらなる要求風量の増加にも対応できるようにしていきたいと考えている。

むすび=当社は、50年以上に渡って無給油式スクリュウ圧縮機的设计・製作を行い、多くの納入実績を残している。これまでに培った技術やノウハウを存分に活用し、今後も市場ニーズに適応した新技術・新機種の開発や既存機種の改良を行うことにより、無給油式スクリュウ圧縮機の適用範囲の拡大を図りたいと考えている。また、新分野・新用途の開拓にも注力し、無給油式スクリュウ圧縮機という機種を通じて産業界の発展に貢献していく所存である。