

## 第4章 圧縮機

### 第1節 容積圧縮機

容積式圧縮機には、往復動型容積圧縮機をはじめ、可動翼回転型圧縮機、ルーツブロワー、ナッシュポンプ（液封式回転式）、ねじ（スクリュー）式圧縮機など種々の機種がある。

#### 1 ねじ（スクリュー）式圧縮機

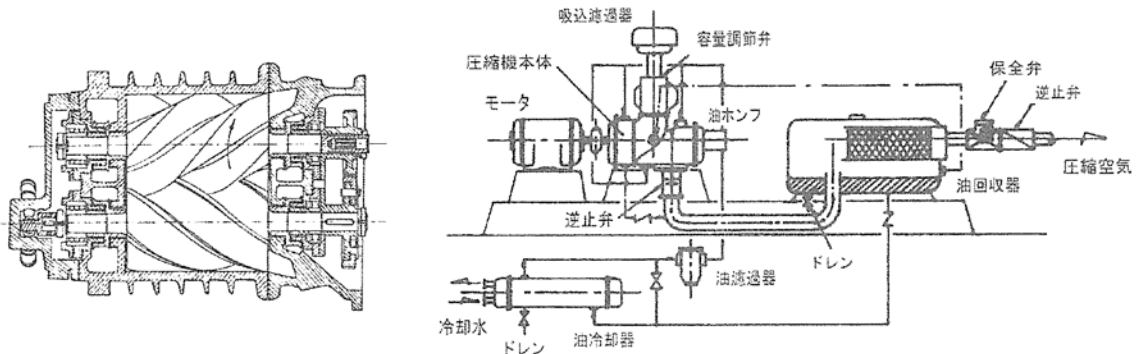


図 3.53 ねじ（スクリュー）式圧縮機断面と設置例

最近、高速で回転するねじ（スクリュー）により連続圧縮され、脈動がなく、構造の簡単な圧縮機として採用されている。その構造および設備の概要は図3.53に示すとおりであり、次のような特徴がある。

- ① 弁その他の可動部がなく構造が簡単。保守容易で維持費が安価。
- ② 摩耗部分がないので耐久性が大きい。
- ③ 圧縮空気に油を注入すると、混合されて微細なミスト状になり熱を吸収し、さらにこの油はわずかなローターすき間のシール作用やローター表面、歯車および軸受などの潤滑作用をする。

連続的に圧縮されるので、脈動のない圧縮空気が得られる。従ってレシーバは不要である。

- ④ 100%から40%まで自動的に容量を調整でき、かつ安全装置により無人運転が可能である。

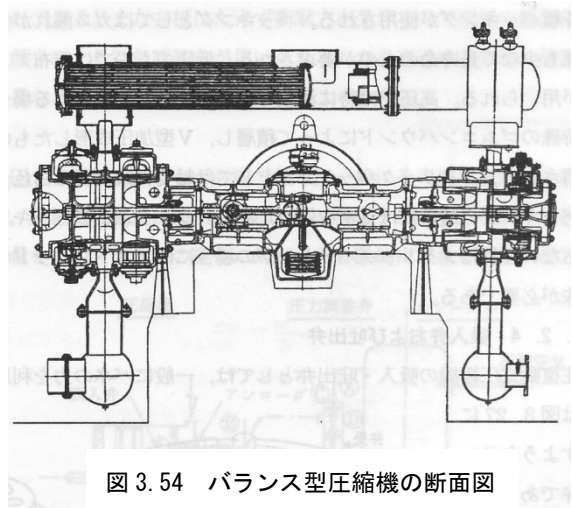


図 3.54 バランス型圧縮機の断面図

- ⑤ 振動が生じないので、自重を支えるだけのきわめて簡単な基礎で十分である。
- ⑥ 小型軽量なので、設置面積が小さく、据付が簡単である。

## 2 往復動型容積圧縮機

往復動型圧縮機の中で最も広く使われているバランス型圧縮機の断面図を図3.54に示す。

また、近年では図3.55に示すような設置面積の小さいV型あるいは半星型も多く採用されるようになってきた。

### 1) 往復動型圧縮機の構造

#### ① シリンダー

シリンダーは、一般にパーライト組織の高級铸铁を使うが、吐出圧力8~12MPaでは铸鋼、12MPa以上では鍛鋼を使う。ライナは、吐出圧力8MPa以上ではミーハナイトまたはアシュキラ铸铁製である。シリンダーおよびライナ表面は研摩後ホーニング仕上げを行う。

小型機や可搬式機ではシリンダーにフィンを設けて空冷式としているが、一般の圧縮機ではシリンダーの周囲にジャケットを設けた水冷式が多い。

#### ② ピストン

一般には高級铸铁製であるが、高速のものは慣性力を考慮して軽合金製を使用する。横型の大径機では摺動部に白色合金または軸受青銅をライニングしたピストンなどが使われる。ピストンロッドは一般に鍛鋼あるいは炭素鋼製が用いられる。

#### ③ 吸入弁および吐出弁

往復動式圧縮機の吸入・吐出弁には、一般にバネの力を利用した自動弁を使用する。リング弁のため、弁面積が大きく取れ、作動が軽快である。高速・高温の気流中で激しい運動を繰り返すので、材質・加工の良否が弁の寿命、圧縮機の効率に影響を及ぼす。吸入弁と吐出弁は同一部品を組み替えて使用することが多く、材質はNi—Cr鋼、Ni—Cr—Mo鋼のような高級合金製とする。

#### ④ 容積調整装置

圧縮機は用途に応じて、一定の圧力で運転することが必要である。一般に広い範囲で使用域が変化するが、普通、最大容量に対して圧縮機容量を定め、次のような方法を用いて自動的に容量を調整する。

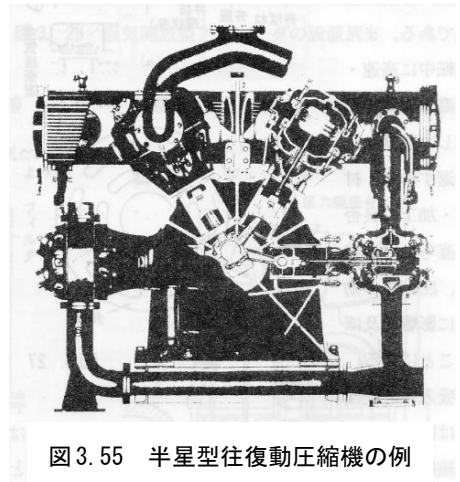


図 3.55 半星型往復動圧縮機の例

## a) 吸入弁を開放する方法

受入弁開放型アンローダと称されるもので、圧力調整弁と吸入解放装置(サクションアンローダ)から成る容積調整装置である(図3.56参照)。

## b) クリアランスを変える方法

隙間容積(クリアランス)を増すと体積効率は低下し、吐出風量が減り、同時に動力も減る。この原理を利用し、シリンダーの周りに隙間容積付加弁を付けて調節する。

## c) 圧縮機を一時的に停止する方法

レシーバの圧力が規定値以上に達すると自動的に圧縮機を停止させ、規定値以下になると起動させる。起動電力が大きいため、27 kW程度まで小型機に採用される。

## d) その他の方法

排気開放型アンローダにより吐出管中に圧気を開放する方法、吸入弁の閉鎖を遅らせる方法、吸入弁を閉鎖して吸気を遮断する方法などがある。

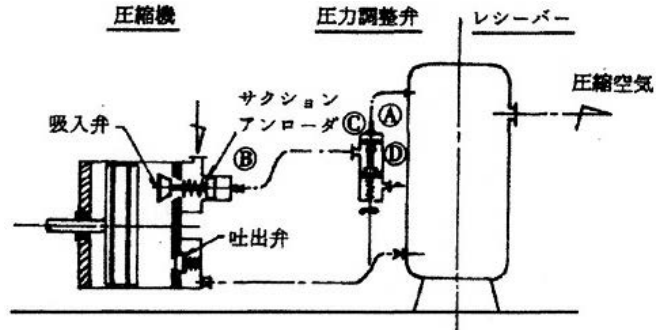


図 3.56 吸気開放型アンローダの設置例

### 3 往復動圧縮機の保守管理 (表3.32参照)

表 3.32 空気圧縮機標準保守点検一覧表

期 間	点 検 部	点 検 項 目	処 置
毎 日	アンローダ、安全弁	動 作 点 検	
30 日 毎 320h	エアバルブ	バルブ板, バルブバネの折損	交 換
		カーボン, ダストの堆積	清 掃
		バルブボルト, ナット, 割ピンの緩み	締 付
	バルブ室	カーボン, ダスト, オイルスケール付着	清 掃
	ドレントラップ	閉 鎖	清 掃
	トラップストレーナ	ダストの堆積	除 去
	ボルト類	シリンダーナット, 基礎ボルトの緩み	増 締
	ボルトナット類	クロスボルト, キャップナット, メイン キャップナット, ピストンヘッドナット, ロ ッドナットの緩み	締 付
	圧力調整弁	機能, フィルタのダスト	清 掃
	調整弁セパレータ	充填物中のダスト	清 掃
90 日 毎 1000h	断水リレー, 油圧リレー	機能, 動作の点検	
	エアフィルタ	ダストの堆積	清 掃
	フレームオイル	劣化調査, ダストの点検	交換・補給
	フレームオイルパン	オイルスケール, 水分, ダスト, スラッジ異物などの堆積	清 掃
	オイルサクシオンフィルタ	ダスト, オイルスケール, スラッジ	清 掃
180 日 毎 2000h	オイルストレーナ		
	シリンダーオイルポンプ		
	大, 小, 主メタル	大, 小, 主メタルギャップの点検	調 整 (据付時)
	グラウンドバックキング	摩耗, 消耗の点検	交 換
	スクレーパバックキング		
360 日 毎 4000h	付加弁バックキング	硬化, 老化, 消耗	交 換
	逃気弁バックキング		
	ピストン, ピストンリング	異状摩耗検査	調整・ 交換
	大, 小, 主メタル クランク		
	ギアポンプ	ギア外径, ケース内径の異状	
	ギアポンプメタル	異状摩耗検査	
	ポンプ駆動	フォーク, ジョイント, チェーン などの異状摩耗	
	軸受温度計, 圧力計	指示温度の検査, 指示圧力の検査	
	オイルシール	摩耗, 消耗	交 換
	シリンダージャケット インタークーラ	スケールの付着, 水洩れ	清掃・ガス ケット 交換
	オイルクーラ	スケールの付着, 水洩れ	清掃・オリ ング交換

## 第2節 遠心式圧縮機

### 1 遠心式圧縮機の特徴

遠心式圧縮機は往復動式圧縮機と比較して次のような長所・短所がある。

#### 長 所

- ① 送風が連続的であるため脈動がなく，したがってレシーバが不要である。
- ② 高速回転が可能のため，基礎が小さく設備費が安い。
- ③ 振動が少ない。
- ④ 送気中に油が混入しない。
- ⑤ 運転，維持が簡単である。

#### 短 所

- ① 往復数式に比べて効率が悪いので運転経費が高い。
- ② 高速回転のため騒音が比較的大きい。

#### (1) 遠心式圧縮機の構造

遠心式圧縮機は大きく分けて，圧縮機本体，空気冷却器，増速歯車装置，強制給油装置および容量制御装置の5つの部分から成り立っている（図3.57参照）。

##### ① 圧縮機本体

圧縮機では取扱う流量・圧力比・羽根車周速・冷却方式・回転数などによって全体の段数が決められる。一般に，遠心式圧縮機では羽根車1段当りの圧力比が1.5～2程度であるので，吐出圧力0.7MPa（G）を必要とする場合は，その段数を4～7段くらいにしなければならない。図のように同一軸に羽根車を数段並べて取りつける構造が一般的である。

##### ② 空気冷却器

圧縮中に空気の温度が上昇するので，多段圧縮機では空気の冷却を行う必要がある。冷却の方法としては，ケーシング内に水ジャケットを設けて冷却する内部冷却とケーシングの外部に中間冷却器を設けて冷却する外部冷却とあるが，内部冷却はケーシングの構造が複雑になり，また水洩れなどの心配があるので一般にはあまり使われていない。

外部冷却は中間冷却器を羽根車数段ごとに出口に置いて，なるべく等温圧縮に近くなるようにする。羽根車1段ごと出口に置く例も多い。

##### ③ 増速歯車装置

遠心式圧縮機は，通常増速歯車により増速して 5,000～15,000 r p m程度の回転を保つ。増速歯車はほとんど1段増速で，シングルヘリカルまたはダブルヘリカルギアが使用される。

##### ④ 強制給油装置

圧縮機・原動機の軸受，増速歯車，ギアカップリングの歯面などへ給油する装置である。

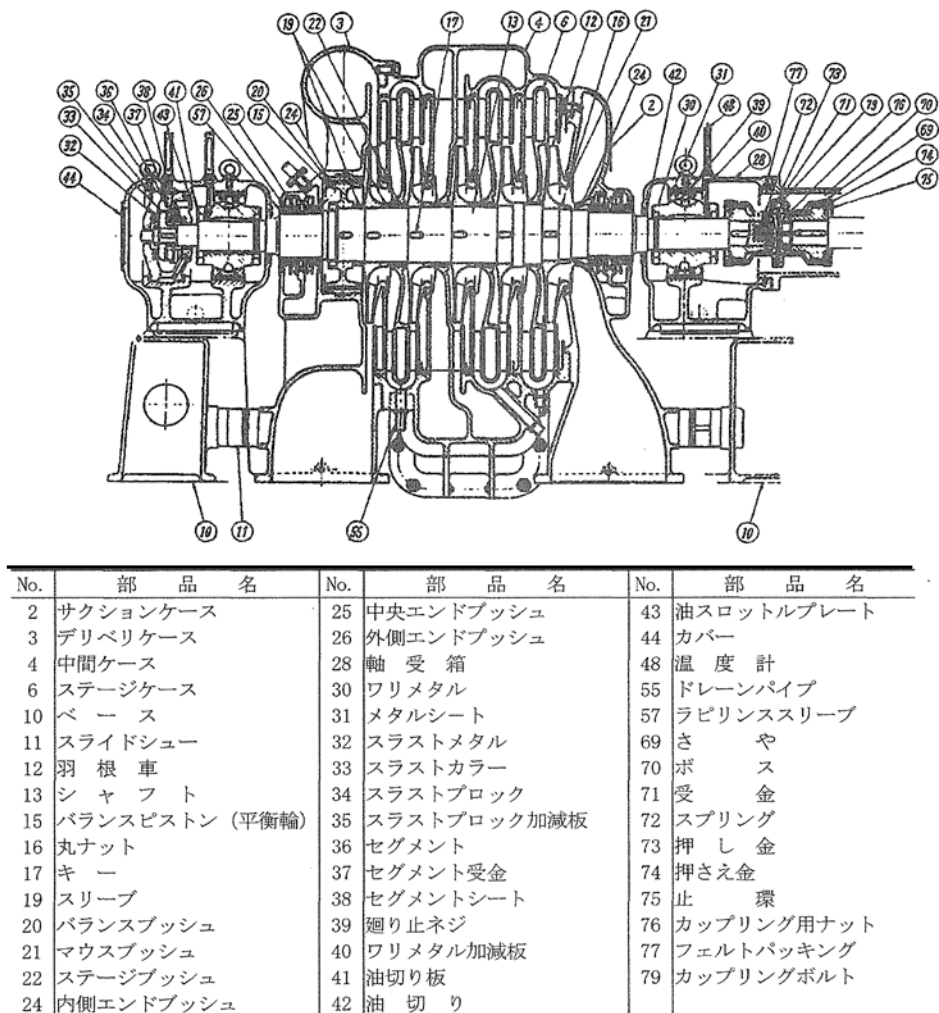


図 3.57 多段軸型ターボ圧縮機の断面構造例

### ⑤ 容量制御装置

圧縮機には、吐出圧力を一定にし、かつ流量を一定にするという2つの目的がある。これらの制御には、弁の開度を調整する方法と、可変速電動機や流体変速機などにより羽根車のスピードを変化させる方法がある。いずれの場合も自動調整を行うので、その制御装置としては油圧式・空気式・電気式などがあり、現在ではこれらの組合せによる制御が多く使われている。

制御装置は次の4つの主要部分から成る。

検出部：制御しようとする量を検出する。

設定部：制御しようとする量を希望の値に設定する。

調節部：検出部と設定部より発生した動作信号を増幅する。

操作部：調節部のエネルギーを受けて調節端を操作する。

## (2) 遠心式圧縮機の性能

### 1) 性能曲線

遠心式圧縮機を定回転で運転すれば、その吐出圧力・所要動力・効率と流量の間には一定の関係がある。これらの関係を曲線図に表わしたものが性能曲線である。その一例を図3.58に示す。

#### ① 吐出圧力曲線

特性としては右下がりの傾向を示す。効率最高付近にとる設計点より風量が少ない方向では圧力がだんだん大きくなるが、設計風塵の60～80〔%〕の点で曲線が止まっている。この点が後述するサージング点で、圧縮機としてはこれ以下の風量で運転することはできない。

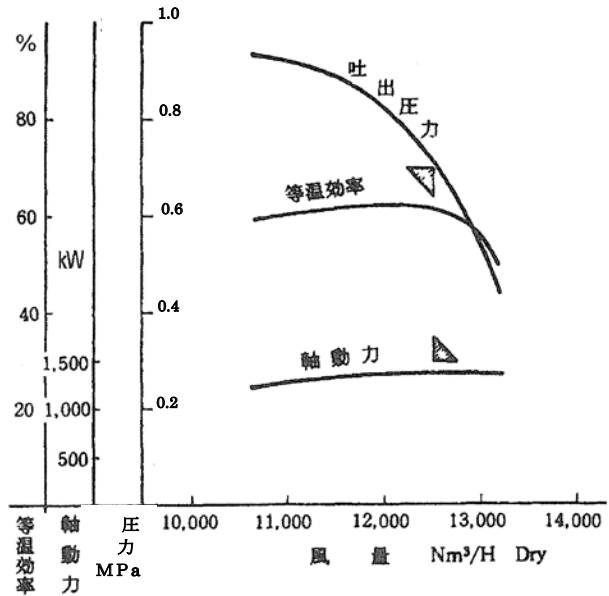


図 3.58 遠心式圧縮機の性能曲線例

#### ② 軸動力曲線

概ね左下がりの曲線であるが、設計風量の前後で最大出力となり、それ以上の風量では右下がりとなる。

#### ③ 効率曲線

設計点かその前後で最高効率を示し、それ以上またはそれ以下の風量では効率が低下する。

### 2) 使用状態が変化した場合の性能

使用状態が変化した場合には圧縮機の性能が変動するので、保守管理を行う場合は十分留意しなければならない。

#### ① 回転数が変動した場合

回転数の変動が余り大きくない範囲では次の関係に従って変動する。

- ・ 風量は回転数に比例する。
- ・ 圧力上昇は回転数の2乗に比例する。
- ・ 軸動力は回転数の3乗に比例する。

#### ② 吸込温度が変動した場合

吸込風量が同じならば、吐出圧力が変動する。この変化の状態は中間冷却の個数によって異なるが、吸込温度が下がると吐出圧力は上昇し、吸込温度が上がると吐出圧力は低下する。

### 3) サージングとその防止法

圧縮機を一定の回転数で運転しながら、吐出側仕切弁または吸込側仕切弁を次第に閉じて流量を減らしていくと、その減少とともに吐出圧力が増加する。そして流量のある点までいくと、今まで静かに運転していた圧縮機が急に管路に圧力と流れの激しい脈動と振動を起し、運転が不安定となる。この現象をサージングという。

サージングが激しくなると、圧縮機本体が振動をはじめ、遂には基礎まで振動して大事故の原因となる場合があるので、圧縮機の運転上非常に重要である。この現象はまだ完全には解明されていないが、圧力曲線が右上がりになる小流量域において発生することは確かで、羽根車内部の渦の発生と配管系の双方から研究されている。サージング防止の方法としては次の3種類がある。

#### ① 放出弁による方法

小流量時に圧縮機の吐出側の空気を一部外部に放出して、圧縮機内を通過する流量をサージング領域外で運転させる方法で最も広く用いられている。小流量時の性能が低下するという欠点がある。

#### ② 回転数を変化させる方法

圧縮機の回転数を低くするとサージング限界が小流量側に移動することを利用した方法である。

#### ③ 入口案内羽根操作による方法

入口案内羽根を操作し、羽根車に入る空気の流れを変化させてサージング領域を狭くする方法であるが、多段圧縮機の場合は各段の入口案内羽根を操作するので、あまり実用化されていない。

## 2 遠心式圧縮機の運転および保守管理

遠心圧縮機故障の原因と対策を、表3. 33に示す。



