

# 高圧ガス循環ポンプおよび循環ポンプ用流体継手

——特に 400 HP 高速型循環ポンプについて——

## High Pressure Gas Circulating Pump and Fluid Coupling for Circulating Pump

——400 HP High Speed Type Gas Circulating Pump——

重 松 久\* 関 英 彦\*\*  
Hisashi Shigematsu Hidehiko Seki

### 内 容 梗 概

高圧ガス循環ポンプは未反応ガスを環流し、その回路の圧力損失を回復させるために用いられる一種の圧縮機である。これには低速型と高速型があり、そのプラントにおいて占める重要度から低速型が多く採用されてきたが、最近では重要部品のメタリックパッキン、ピストンロッドについて十分信頼性のあるものが得られるようになったので高速型が進出してきている。また循環ポンプの容量調整には、損失が少なく、運転操作が容易で連続的に容量の調整できる流体継手が多く用いられてきた。東邦理化学工業株式会社に納入した 400 HP 高速型循環ポンプは、電気設備、流体継手などすべて日立製作所製であり、高速型循環ポンプとして特殊構造の記録的製品である。

### 〔I〕 緒 言

アンモニアおよびメタノール合成などの合成工業では、高圧に圧縮した混合ガスを反応筒に送り、規定の圧力と温度のもとで触媒の作用により合成を行う。この際合成されるガスは流入ガス的一部分で大部分は未反応ガス、すなわち混合ガスの状態で残り、その圧力は反応筒および配管の抵抗によりさがる。この圧力降下した未反応ガスを再び反応に必要な圧力まで圧縮して反応筒に環流させる圧縮機をガス循環ポンプとよんでいる。

混合ガスの圧力は非常に高いが、抵抗により生ずる圧力降下は少なく、したがって圧縮比はきわめて小さい。したがって循環ポンプの構造は高圧の一段圧縮機の形となり、温度上昇は少いのでシリンダの冷却を行う必要はない。

高圧合成工業では高圧ガス圧縮機と循環ポンプはプラントの心臓部で、その稼働率の良否はプラントの死命を制するのである。特に循環ポンプの停止は致命的なものであるから、その運転の確実性が強く要望されるわけである。循環ポンプでもつとも事故を起しやすい部分はピストンロッドのパッキンである。

循環ポンプは高速型と低速型とに大別できるが、低速型は 30~50 rpm 程度でピストンロッドの気密保持には軟質パッキンを使用する。ことさらに低速型が採用されてきた理由は、高速型における従来のメタリックパッキンに比べ軟質パッキンの方が寿命および取扱に信頼性があつたためである。しかし最近におけるピストンロッド材の進歩、表面硬化法、表面仕上げ法の進歩、メタリックパッキンの構造の改良により十分信頼性のあるものがえられるようになり、高速型も従来の 100~130 rpm より

150~200 rpm と回転数が高くなつてきている。

東邦理化学工業株式会社に納入した 400 HP 循環ポンプは電気設備、流体継手などすべて日立製作所製で、高速型として記録的製品である。以下本機を中心として循環ポンプについて述べる。

### 〔II〕 仕 様

400 HP 循環ポンプの仕様は下記の通りである。

型 式.....	HSD-AGC
吐 出 容 量...(吐出状態にて)...	150 m <sup>3</sup> /h
回 転 数.....	163.5 rpm
吸 入 圧 力.....常 時.....	265 kg/cm <sup>2</sup>
最 高.....	280 kg/cm <sup>2</sup>
吐 出 圧 力.....常 時.....	300 kg/cm <sup>2</sup>
最 高.....	315 kg/cm <sup>2</sup>
最 高 差 圧.....	35 kg/cm <sup>2</sup>
電 動 機.....	400 HP 同期電動機
変 速 装 置.....	流体継手

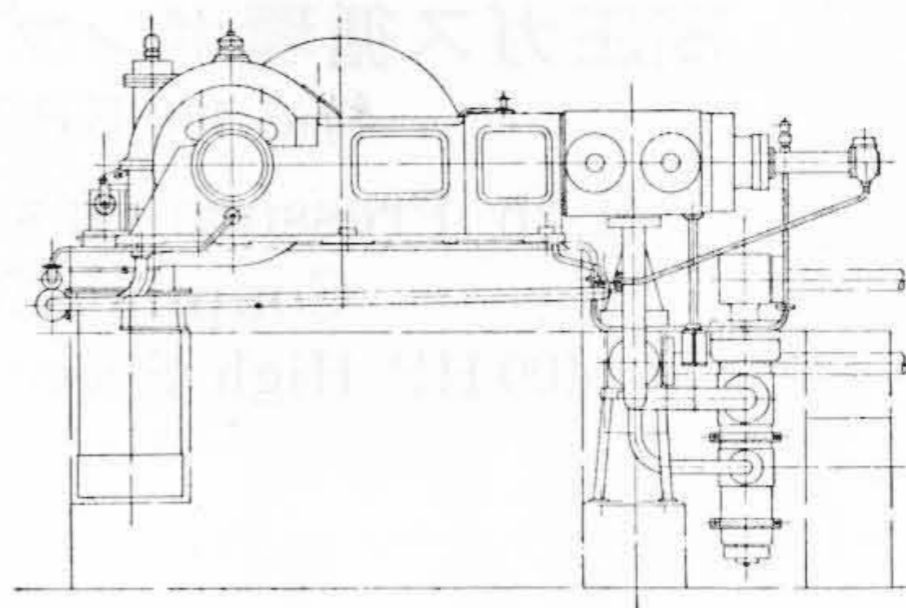
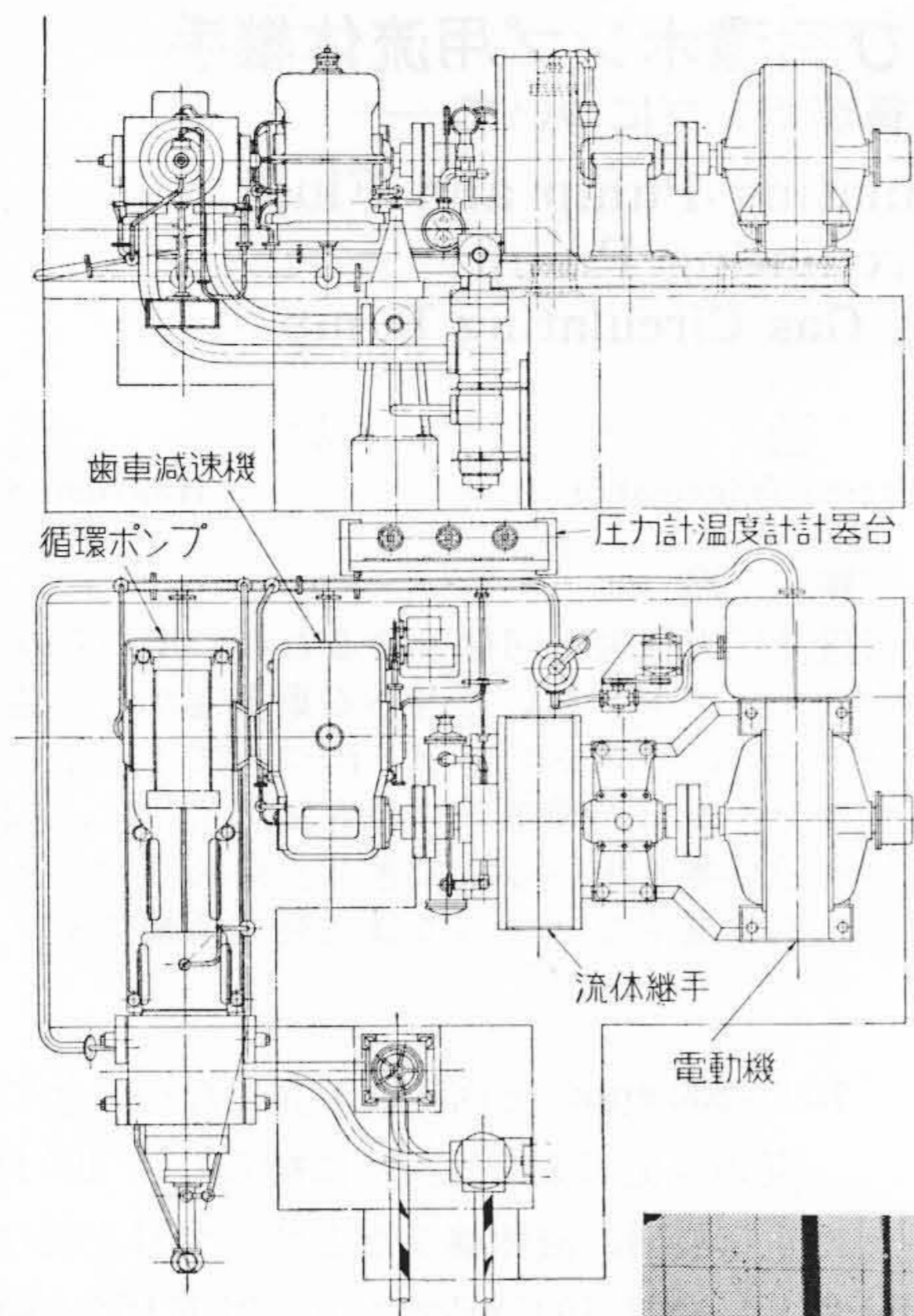
### 〔III〕 循環ポンプの構造

循環ポンプは前にも述べたように高圧の一段圧縮機であり、ピストンは複動で容量により 1 シリンダまたは 2 シリンダとなる。ピストンの前進後退におけるピストン力を釣合わせ、かつその値を小さくするためにピストンロッドはテールロッドを持ち 1 シリンダには 2 組のパッキンを用いる。回転数は高速型でも 100~200 rpm 程度であるから減速装置を必要とし、高速型で小馬力のものはベルト駆動、大馬力のものは減速歯車駆動である。低速型ではもつぱら減速歯車駆動である。

400 HP 循環ポンプは同期電動機より流体継手、一段減速歯車装置を介して運転される。第 1 図にその配置第 2 図に外観を示す。

\* 日立製作所川崎工場

\*\* 日立製作所亀有工場



第1図 400 HP 高圧ガス循環ポンプ据付図

### (1) シリンダ

シリンダおよびシリンダカバーは高圧を受ける重要な部分で、一般の高圧圧縮機に較べ取扱うガス量が非常に多いので、その直径も大きく強度の点から相当無理を要求される部分である。したがって材料については偏析の少ない緻密な組織であるほか、超音波探傷試験、磁気探傷試験によつて内部欠陥までよく検査する必要がある。シリンダには特殊鋳鉄製ライナを嵌入して使用する。

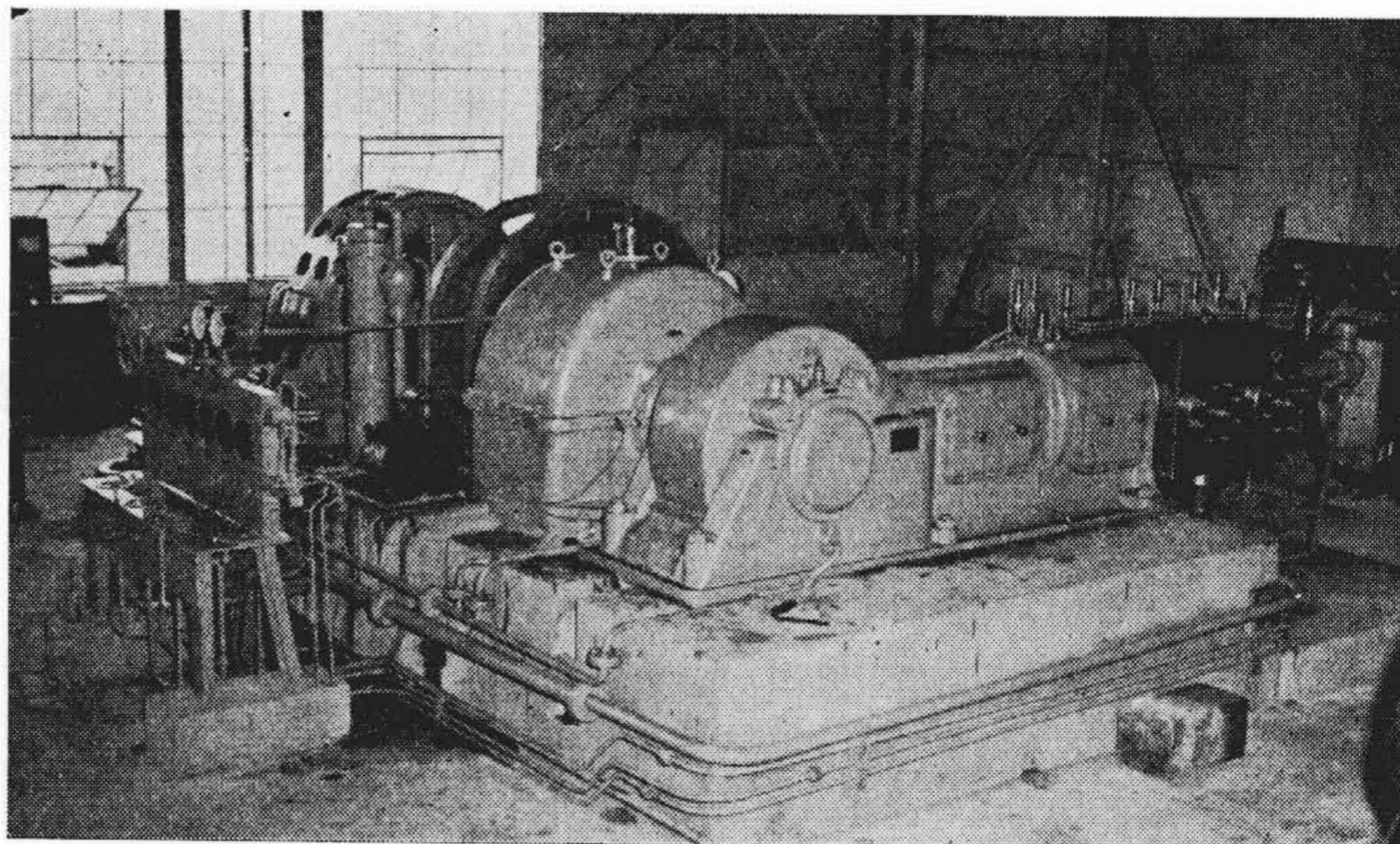
### (2) ピストン

低速型ではピストンを浮遊式としたものが多いが、高速型では摺動式とする。高速型では特にピストンロッドの僅かな振れも、メタリックパッキンのガス漏洩の原因となるので、芯出に注意を要する。400 HP 循環ポンプにては、ピストンは白色合金のライニングを施し、さらに特殊形状に加工を行つて、運転時ピストンがシリンダの中心に一致して摺動するように考慮してある。

### (3) ピストンロッド

パッキン部よりの漏洩はパッキンの材質と構造によることは勿論であるが、ピストンロッドはその表面が滑かで真円を保ち、耐磨耗性のすぐれたものであることが必要である。400 HP 循環ポンプのピストンロッドは特殊鋼を使用し高周波焼入後グライнда仕上と超仕上を行つて耐磨耗性を与えている。

### (4) メタリックパッキン



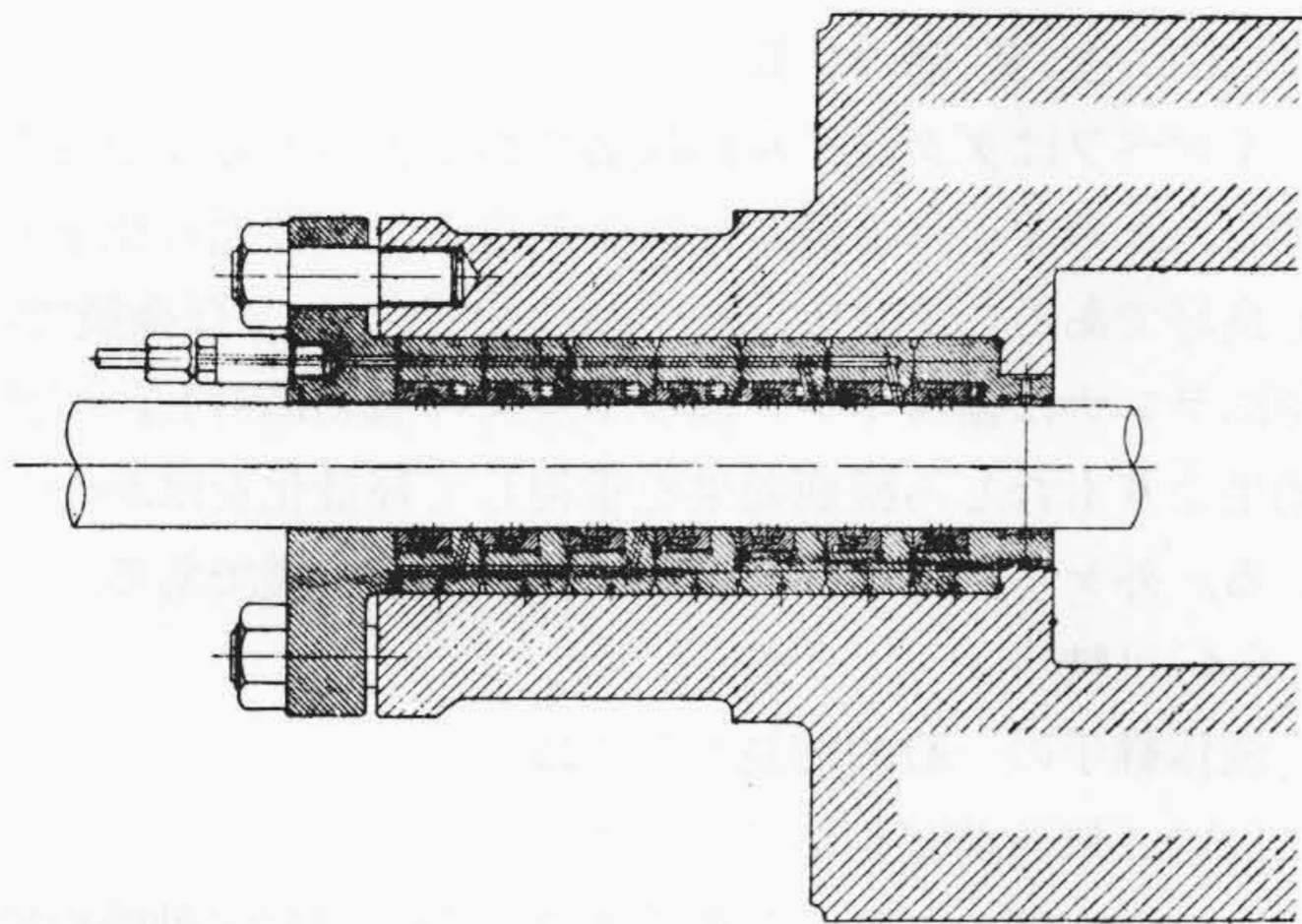
第2図 400 HP 高圧ガス循環ポンプ外観

パッキンが具備すべき条件としては

- (A) ガスの漏洩がなるべく少いこと。漏洩は動力損失となるばかりでなく、有毒性あるいは爆発性ガスの場合には特に留意しなければならない。
- (B) パッキンとピストンロッドとの接触面の摩擦が少く寿命が長いこと。摩擦は動力損失となり、ポンプの効率を低下させるばかりでなく、パッキンとピストンロッドの寿命を短かくする。その材質については軸受性能のすぐれたものを使用し、長期間常に気密を保つことができるような柔軟性のある構造を必要とする。

第3図は400 HP 循環ポンプに使用したメタリックパッキンである。白色合金を使用した1組のパッキンリングをパッキン箱に納めたものを7組使っている。

本図の構造のものは保守が容易で気密性もきわめて良好である。本機ではさらにピストンロッドの過熱を防ぐ



第3図 メタリックパッキン

ため油冷を行つて性能の向上をはかつてある。

(5) 容量調整

循環ポンプは原料ガス量，反応条件，触媒の活性などの変化により容量の調整を行う必要がある。容量調整の方法としては

- (A) バイパス弁により吐出ガスの一部を吸入側に戻す方法
- (B) 吸入弁を開放する方法
- (C) 回転数を変化させる方法

などがあるが，最近は主に回転数を連続的に変化させる方法が広く利用されている。原動機が蒸気機関か直流電動機の場合には，損失なく連続的に回転数の変化を行うことができるが，一般に用いられる交流電動機の場合には二次抵抗の変化と極数変換の併用，または流体継手を使用される。循環ポンプで上昇させるべき圧力は，反応筒および配管の抵抗により生ずる圧力降下量であるから，通過するガスの速度の2乗に比例する。すなわち圧力は回転数の2乗に比例する。一方流量は回転数に比例するから必要な駆動動力は，圧縮比の小さい循環ポンプではほぼ回転数の3乗に比例すると考えてよい。したがつてこの特性に近い流体継手を使用することにより損失が少く，操作容易な連続的容量調整を行うことができる。

400 HP 循環ポンプに使用した流体継手に関しては後述する。

(6) 減速装置

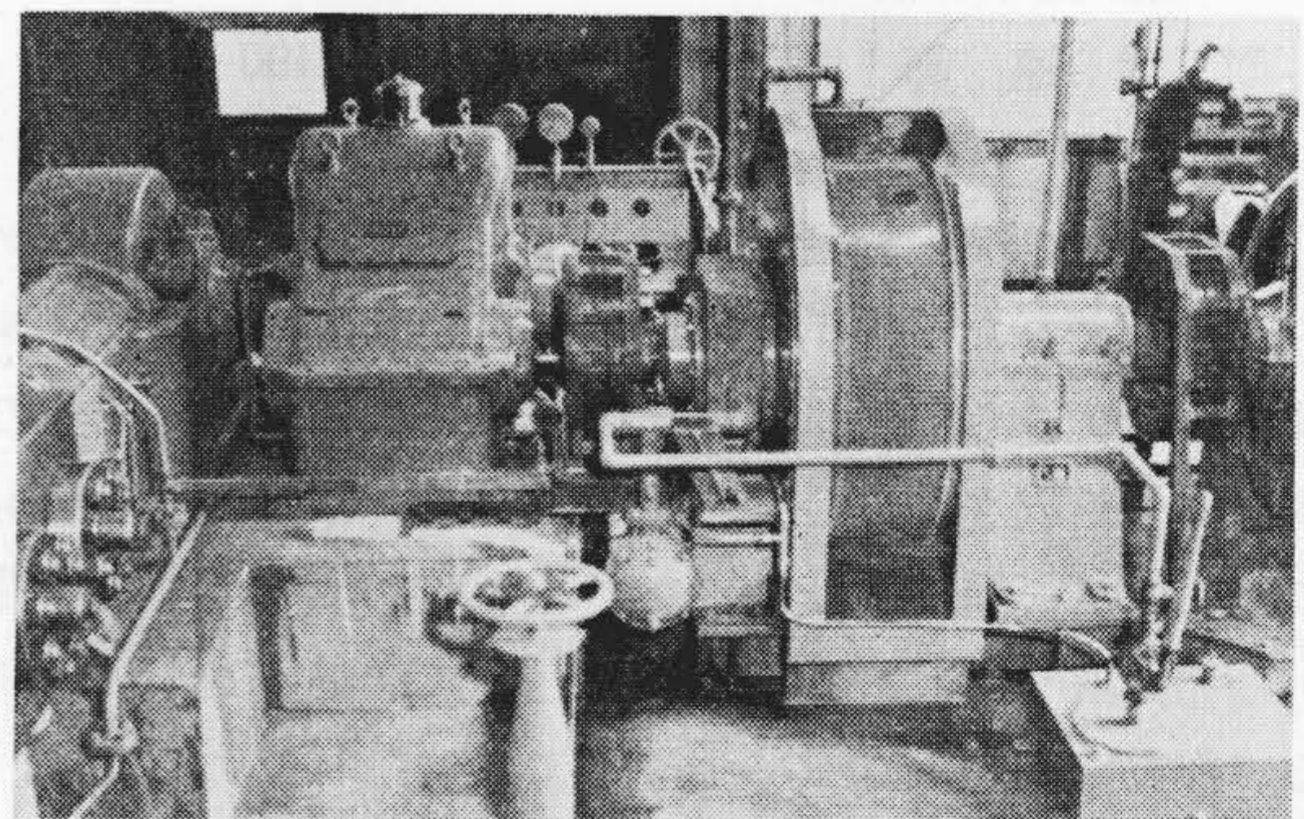
小馬力のものはベルト駆動にて減速するが，大馬力のものでは減速歯車装置を使用する。循環ポンプはほかの機種に比較して低速であり，またトルクの変動が激しいので減速歯車装置の設計製作には特に注意を必要とする。400 HP 循環ポンプはダブルヘリカル1段減速歯車を使用しているが，ピニオンおよびギヤーは特殊鋼を使用し適切な熱処理を行つており，特に前者は歯面を高周波焼入後グラインダ仕上げを施している。

(7) 保守その他

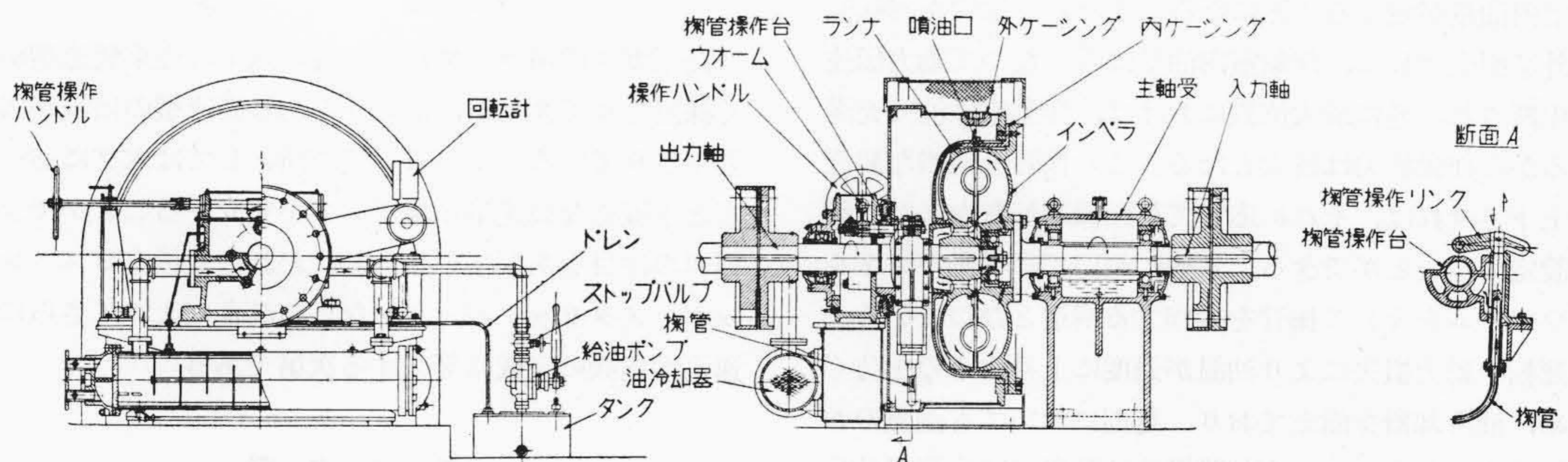
400 HP 循環ポンプでは保守に必要な圧力計，温度計，ドレーン弁などすべて一つの計器盤に纏めて保守点検の便をはかり，また潤滑油に対する安全装置を附して運転操作の完全を期してある。

[IV] 流体継手

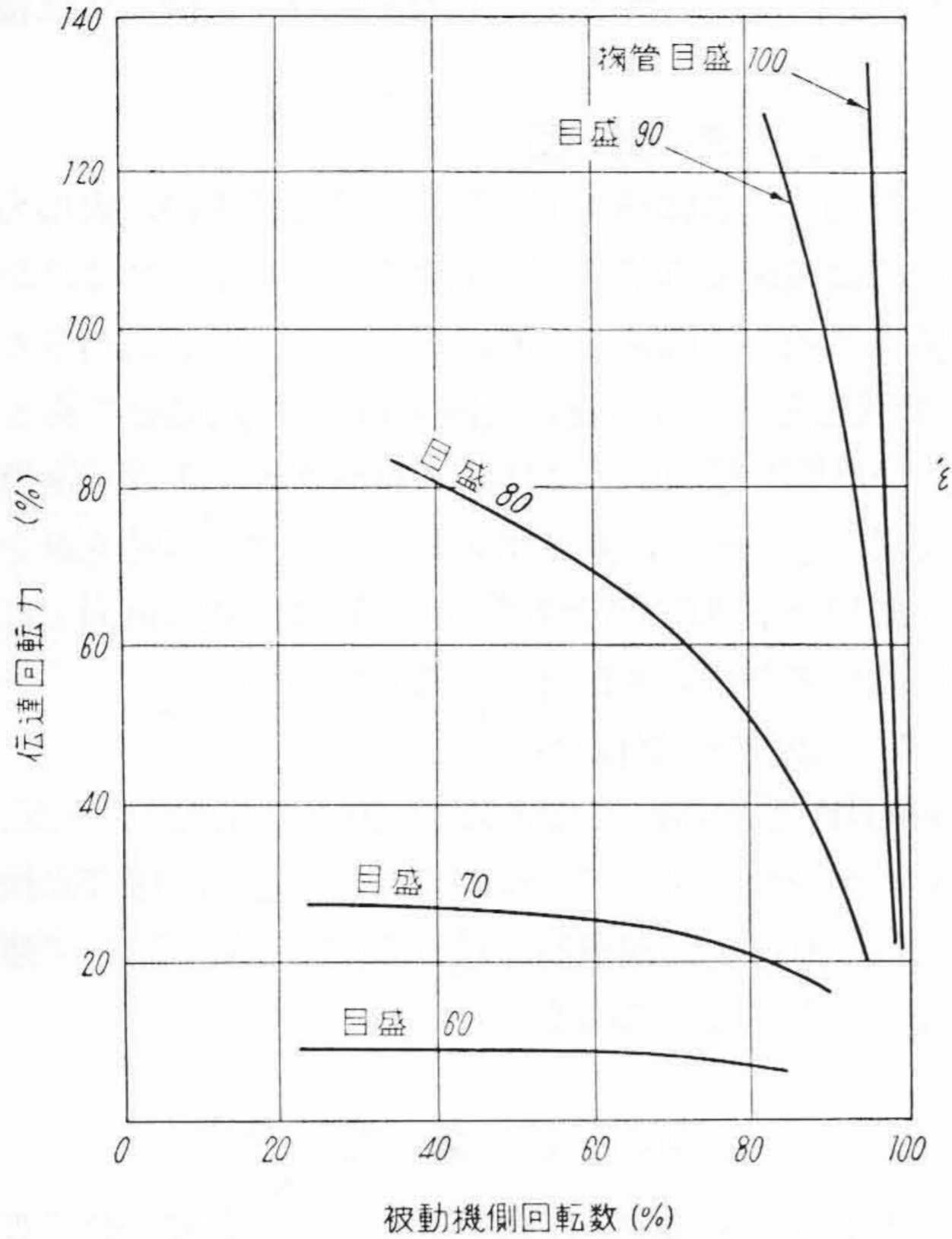
流体継手は運転中に作動室内の油量を変化させて変速を行うことができるので，機械的変速とは異り調速はきわめて円滑である。以下 400 HP 循環ポンプに使用した流体継手について述べるが，本機はこの種のものとしては本邦屈指の大型流体継手である。第4図は本機の外観を示す。



第4図 SH-CH90 流体継手



第5図 日立SH-CH90 流体継手断面図



第 6 図 日立 SH-CH90 流体継手特性曲線

(1) 仕 様

- 型 式.....SH-CH90
- 電 動 機.....400 HP 同期電動機
- 駆 動 回 転 数.....720 rpm
- 調 速 範 囲.....約 700~490 rpm

(2) 構 造

第 5 図は本機の構造であり、インペラ、ランナ、内ケーシングよりなる作動室部分、外ケーシング、掬管、掬管操作台よりなる油量調整部分、および油冷却器部分の 3 群より構成されている。外ケーシングは原動側とともに回転して一種の回転油タンクを形成し、その中の掬管から油を取り出し、油冷却器を通して作動室内に供給する。作動室内の油は常に噴油口より噴出しているから、ある掬管位置においては供給量と噴出量が平衡するまで作動室内に油が溜る。したがって掬管先端位置により作動室内油量が定まることになる。すなわち掬管を回転油層外に引上げれば、作動室内油量は零となつて動力伝達は中断され、逆に最大位置におけば、作動室は油で充満するから作動能力は最大となる。この掬管を適当な装置で上下させれば、それに応じて被動機回転数を任意の値に設定することができる。本機においては手動ハンドルとウォームを介して掬管を操作する構造となつている。

運転中動力損失により油温が過度に上昇するのを防ぐため、油冷却器を備えており、夏期においても過熱のおそれはまつたくない。冷却器構造は管渠式で小型軽量化を計るとともに、管群を引出すことができる構造になつ

ているから清掃に便利である。

(3) 主要部材質

インペラはダクタイル鋳鉄製であるから十分な強度を有し、そのすぐれた铸造性により複雑な羽根面の仕上がりも良好である。ランナ、内ケーシングはアルミ合金製で、特にランナは循環ポンプ側のトルクの脈動に対し、慣性効果よりもむしろ緩衝効果を重視して軽量化をはかっている。外ケーシングは鋼板製、掬管は鋼管製である。

(4) 特 長

流体継手の一般的特長としては

- (A) 無負荷起動ができること。  
本例のごとく起動トルクの少ない同期電動機を使用する場合は特に有効である。
- (B) 無段階変速ができること。  
ハンドルを回すだけで被動機回転数を広範囲にわたつて任意に変更できる。
- (C) 運転が円滑であるから機械の保守上有利であること。  
油によつて動力を伝えるから運転が円滑で操作が容易の上、保守点検の手間が軽減される。などがあげられるが、特に本機にては
- (D) 掬管を上下移動式として構造上の無理をなくするとともに、掬管移動量に対する回転数変化量を均一にしたこと。
- (E) 外ケーシング被動機側側板を分離してボルト締めとし、分解組立を容易にしたこと。
- (F) 手動給油ポンプをもつた別個のタンクを備え、注油の手間を軽減するとともに、ドレーンをタンクに導き、万一漏洩がおきても油の消耗、周囲汚損を防ぐ構造としたこと。
- (G) 油冷却器には脱気装置をつけ油中の気泡を減らし性能向上をはかつたこと。

などの斬新な考案を施してある。

第 6 図は特性曲線の一例であり、各掬管位置における伝達回転力と被動機側回転数の関係を示す。

[V] 結 言

高圧ガス循環ポンプは信頼度の点から従来低速型が多く採用されてきたが、信頼性のある高速型の出現が広く要望されている。幸い日立製作所としては本文に述べたごとき優秀な高速型循環ポンプを完成することができ、斯界の注目をあびている。われわれは今後もピストンロッド、メタリックパッキンなどの改良によつてさらに高速高性能機の完成に努力する次第である。

参 考 文 献

- (1) 伊藤： 高圧ガス協会誌 15, 2 (昭 26-3)