

# 東京瓦斯株式会社納高压ガス圧送機

— ターボ圧縮機と往復動圧縮機の連合運転 —

High Pressure Gas Compressing Equipment Supplied to Tokyo Gas Co.  
— Joint Operation of Turbo Blower and Reciprocating Compressor —

鮎 沢 弘\* 玉 河 晋 次\*  
Hiroshi Ayuzawa Shinji Tamagawa

## 内 容 梗 概

東京瓦斯株式会社豊洲工場の高圧ガス圧送装置が昭和31年11月稼動を開始した。本装置は急増する都市ガスの需要に応ずるために、本邦として最初の試みである高圧ガス精製装置によつて精製された高純度のガスを、高圧ガス圧送機により低廉なる設備費と圧送費をもつて賄うべく計画されたものである。日立製作所では第一期工事として本装置の根幹をなす高圧ガス圧送機3基を納入したが、本圧送機は大量の未精製ガスを低圧側ターボ圧縮機と高圧側往復動圧縮機の直列運転によつて、昇圧するものである。このような圧送機も本邦では最初の試みであり、未精製ガスに対して特に注意を払つて設計したこと、操作がすべて遠方操作により行われること、ターボ圧縮機と往復動圧縮機の安定なる直列運転に支障のないよう性能を考慮してあること、最も効率よく広範囲の容量調整を行う方法を採用したことなどの特長を有しているが、今後のこの種設備に対する一大試金石となるものである。なお本装置は第二期工事としてさらに増設されることになっている。

## 〔I〕 緒 言

東京瓦斯株式会社は京浜地区の急増するガス需要に応ずるため、昭和28年より5箇年計画をもつて東京豊洲に大規模な都市ガス製造工場を建設中であり、日立製作所においても該施設に各種の機器を納入しているが、なかでも高圧ガス圧送装置の根幹をなす圧送機は第一期工事として3基を昨秋据付完了し、すでに営業運転に入っている。ここにその圧送機の概略を紹介し御参考に供したいと思う。

高圧ガス発生装置は在来の常圧精製、低圧輸送（2 kg/cm<sup>2</sup>程度）に比し、高圧精製によつて高純度のガスを低廉な設備費にて製造でき、高圧圧送（8 kg/cm<sup>2</sup>程度）によつて著しく圧送費を低減しうる利点をもつものである。特にガス発生装置として一列の賄いうるガス量が倍加し、装置全体がコンパクトになるため本方式は斯界において注目の的となつている。

本圧送機は 2,100 HP ターボ圧縮機と 2,500HP 往復動圧縮機よりなり、第1図に示すガス発生装置において低圧ガス溜と高圧精製装置との間に位置し、未精製ガス（圧力 30~70mmAq）を 9.5 kg/cm<sup>2</sup>まで昇圧せしめて高圧精製装置に送り、ここで精製した後高圧ガス溜へ充填する役目をするものである。

## 〔II〕 圧送機の計画方針

本高圧ガス圧送装置の主機たる圧送機を計画するにあたり、その容量の決定、

\* 日立製作所川崎工場

機種を選定、容量調整の方法などの計画方針について以下その概略を述べる。

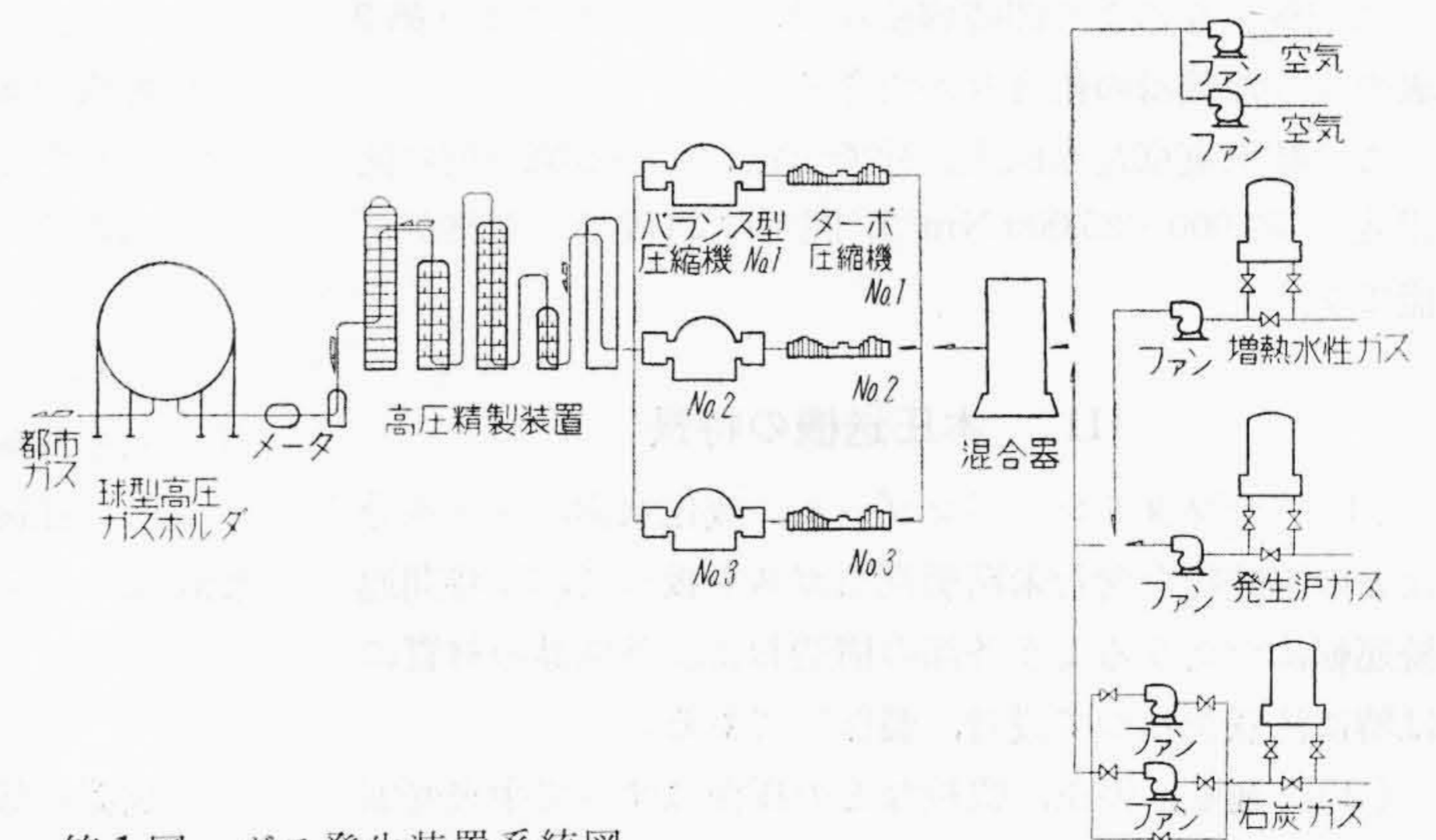
### （1） 圧送容量および基数の決定

第一期計画の 1,200,000 Nm<sup>3</sup>/d の総容量に対し、取扱ガスが未精製ガスであるため、タールなどの附着による連続運転時の容量の低下および製作の難易を考慮し、1基分の容量を 28,000 Nm<sup>3</sup>/h と定め、第1期には常用2基、予備1基として計3基を設置することに決定した。

また1基分容量を 28,000 m<sup>3</sup>/h とすれば同一容量のものを2基増設することによつて第二期計画の使用予定量を十分に賄いうることになる。

### （2） 機種を選定

1基分の容量を 28,000 Nm<sup>3</sup>/h とすると、これを往復動圧縮機のみで大気圧から 9.5 kg/cm<sup>2</sup>G まで圧縮するとすればシリンダ径が過大となり設備費もまた巨額とな



第1図 ガス発生装置系統図

る。これに対しターボ圧縮機のみで行えば、段数ははなはだしく多くなり効率も往復動圧縮機に比しかなり低く、消費動力が大きく経済的でない。そこで設備費および消費動力の両面から考え、中間圧まで昇圧する低圧側ブースタとしてのターボ圧縮機と高圧側圧縮機として往復動圧縮機の組合せ方式を採用した。

(3) 中間圧力の決定

低圧側ブースタとしてのターボ圧縮機の吐出圧力は往復動圧縮機の製作面と、ターボ圧縮機の段数、比較回転数、効率および往復動圧縮機単独運転時の容量などから決定した。往復動圧縮機の単独運転時の容量を約 10,000 Nm<sup>3</sup>/h にすれば、後述のように容量調整に好都合であるとともに圧縮機の製作も比較的容易である。またターボ圧縮機のランナ周速、段数および比較回転数効率など慎重に検討の結果本圧送機の間接圧力を 1.8 kg/cm<sup>2</sup>G とすることに決定した。

(4) 容量調整方法

容量調整としては操作が簡単で確実かつ効率よく行いうることが望ましい。本圧送機の容量調整としては第1表のような方法が考えられる。

上記方法のうち (a) を除いてはすべて無段階連続的な容量調整が可能である。すなわち往復動圧縮機がクリヤランスコントロールを行いターボ圧縮機も同時にコントロールすることは、クリヤランスコントロールの1段階の小容量間を連続的に調整するためである。容量調整を行う場合の消費動力を各方法で比較し、さらに運転操作、価格、保守などの面から検討した結果、僅少の段階が生じて (a) の方法が最もすぐれているとの結論に達し、この方法を採用した。

1 基の容量 28,000 Nm<sup>3</sup>/h に対してその 30% 減までを容量調整すれば、台数コントロールを考慮することにより全容量に対して容量調整が可能となるので、ターボ圧縮機は 70% 容量までの減量運転を考え、往復動圧縮機はターボ圧縮機との直列運転時の 70% 容量までを 9 段階に調整しようという間隙容積を設けた。これにより第2表のような機器の組合せができる。

この結果東京瓦斯株式会社で予定している第一期の使用能力 52,000~25,000 Nm<sup>3</sup>/h 間では 24 段階の調整が可能である。

〔III〕 本圧送機の特長

(1) ナフタリン、ベンゾール、硫化水素、タール分などの不純物を含む未精製都市ガスを扱って、24 時間連続運転にたえうよう各部の構造および各 부품の材質には特に注意を払って設計、製作してある。

(2) 運転、停止、監視などの操作はすべて中央管制室から遠方操作できるようになっているとともに、完備

第1表 コントロール方式

	ターボブロワ	往復動圧縮機
a	コントロールせず	クリヤランスコントロール
b	コントロールせず	タイムバルブコントロール
c	コントロールせず	クリヤランスコントロール 吐出バイパスコントロール
d	スピードコントロール	コントロールせず
e	スピードコントロール	クリヤランスコントロール
f	吐出バルブコントロール	クリヤランスコントロール
g	吐出バイパスコントロール	クリヤランスコントロール

第2表 容量調整表

	容量範囲 (Nm <sup>3</sup> /h)	機器組合		段階容量 (Nm <sup>3</sup> /h)
(i)	56,000~47,600	No. 1	【R.C.+T.C.】	1,050
		No. 2	(R.C.+T.C.)	
(ii)	47,600~39,200	No. 1	(R.C.+T.C.)	1,050
		No. 2	(R.C.+T.C.)	
(iii)	38,600~29,100	No. 1	【R.C.+T.C.】	1,200
		No. 2	(R.C.)	
(iv)	28,000~19,600	No. 1	(R.C.+T.C.)	1,050
		No. 2		
(v)	21,200~11,700	No. 1	【R.C.】	1,200
		No. 2	(R.C.)	
(vi)	10,500~ 1,100	No. 1	(R.C.)	1,200
		No. 2		

注： 上記表中 R.C. は往復動圧縮機、T.C. はターボ圧縮機を示し【 】は容量調整を行わず全量運転を示し、( ) は容量調整運転を示している。

した保安装置が附属している。

(3) ターボ圧縮機、往復動圧縮機の直列運転に支障のないよう性能的に考慮を払ってある。すなわちガス圧送量の変化に応ずるターボ圧縮機の吐出圧力の変化を極力小さくして圧縮機の性能を安定させている。

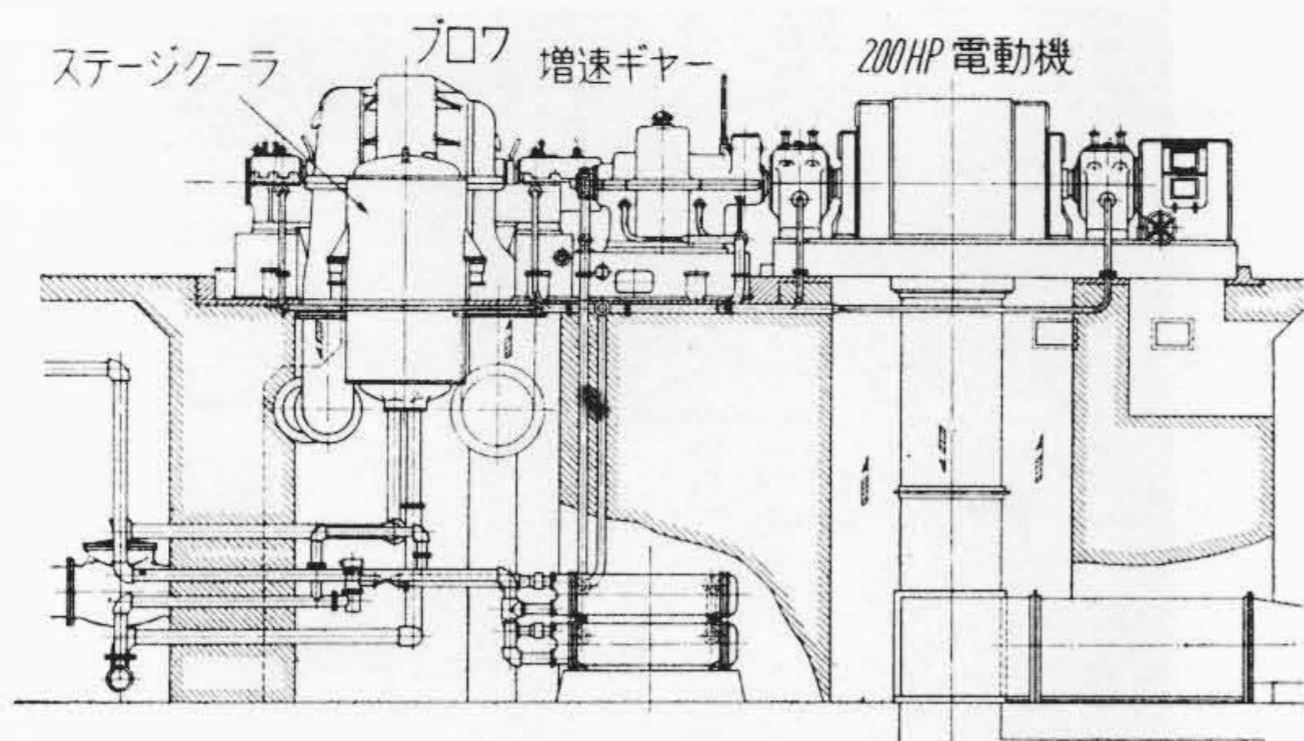
(4) 容量調整は往復動圧縮機のクリヤランスコントロール方式により行うが、この容量の変動に対してターボ圧縮機の効率の変化を極力小さくし、また往復動圧縮機の要求する最小容量に対してもターボ圧縮機がサージングに入ることなく安定した運転が可能なるようになっている。

すなわち(3)項とともにターボ圧縮機の特長曲線が風圧、効率曲線とも平坦になるよう特に留意してある。

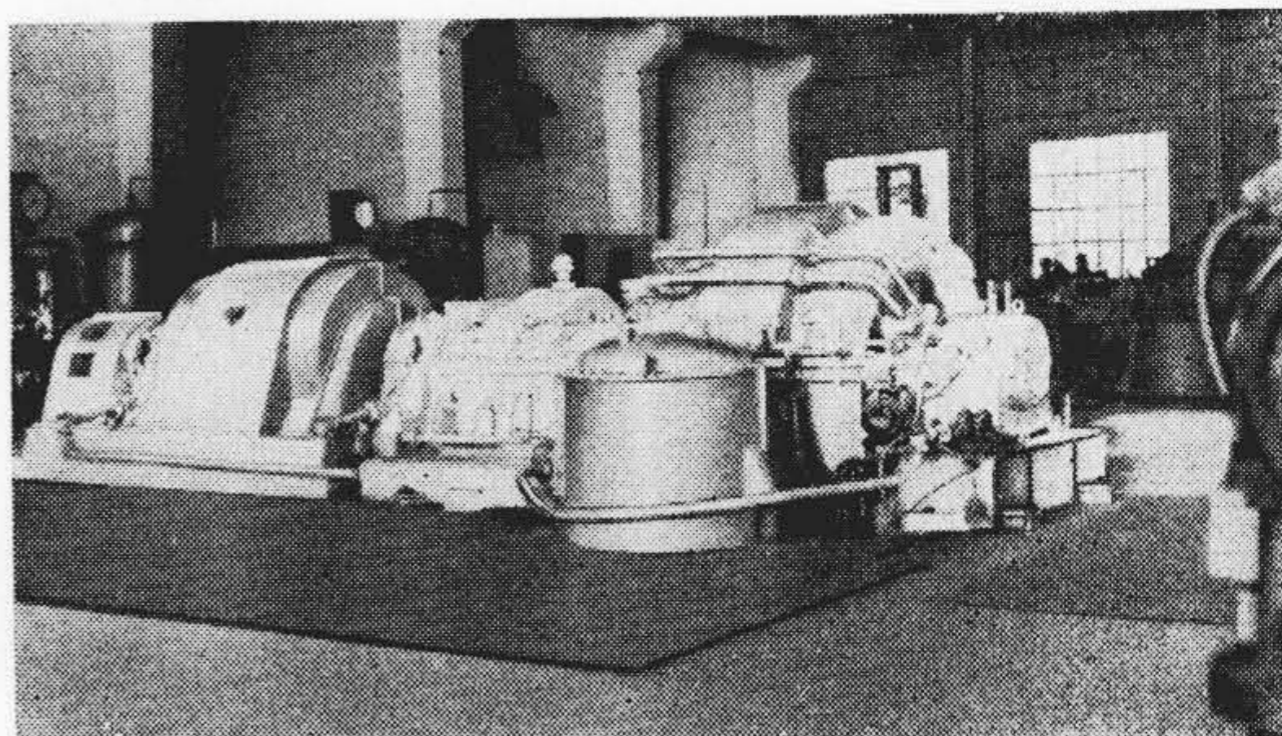
(5) 往復動圧縮機は直列運転時と同じ昇圧が単独運転によっても可能なるよう設計されている。

〔IV〕 ターボ圧縮機

本装置の低圧側ブースタとして使用されている 2,100 HP ターボ圧縮機について以下その概略を述べる。



第2図 ターボ圧縮機据付図



第3図 ターボ圧縮機外観図

(1) 仕様

(a) 型式 IMB-GH

(中間ガス冷却器付片吸込型増速歯車掛運転式)

(b) 取扱ガス 石炭ガス, 増熱水性ガス, 発生炉ガス, の未精製混合ガス

比重 0.62 (対空気)

含有不純物 (Nm<sup>3</sup> 当り)

酸化窒素 4 cc 以下

ナフタリン 0.5 g

ベンゾール 27 g

硫化水素 8 g

(c) 容量 冬期条件で 28,000 Nm<sup>3</sup>/h dry

(d) 使用条件 吸込圧力 30~70 mmAq

吸込温度 15~30°C

吐出圧力 1.8 kg/cm<sup>2</sup>G

吐出温度 40°C

(e) 回転数 6,000 rpm

(f) 電動機 2,100 HP 誘導電動機 (4極)

(型式 EFBL-CXXI)

(2) 本機の特長および構造

本ターボ圧縮機は片吸込5段型で, 増速歯車を介して 2,100 HP 誘導電動機と連結されており, ケーシングの両側にはインタークーラを取付け, また吐出側には別個にアフタクーラを設置してある。第2図は本圧縮機の据付概略図を示し, 第3図は本圧縮機の外観を示す。

(a) 本体関係

ケーシングは鋳鉄製で, 軸心を含む水平面で上下に分割しているが, 上下合せ面は入念精密なる摺合せを行つて, パッキングを使用することなくガスの漏洩を完全に防止している。ケース内部のガス通路は流体力学的に最もよい形態にするとともに, 前述の性能上の特長を満足させるよう考慮してある。軸受部はケーシングと一体構造とし軸心近くでベースに支持されており, 温度の高い吐出側にはスライドキーを設け, ケーシングが熱膨脹によつて軸心に沿つて自由にスライドしうるようになって

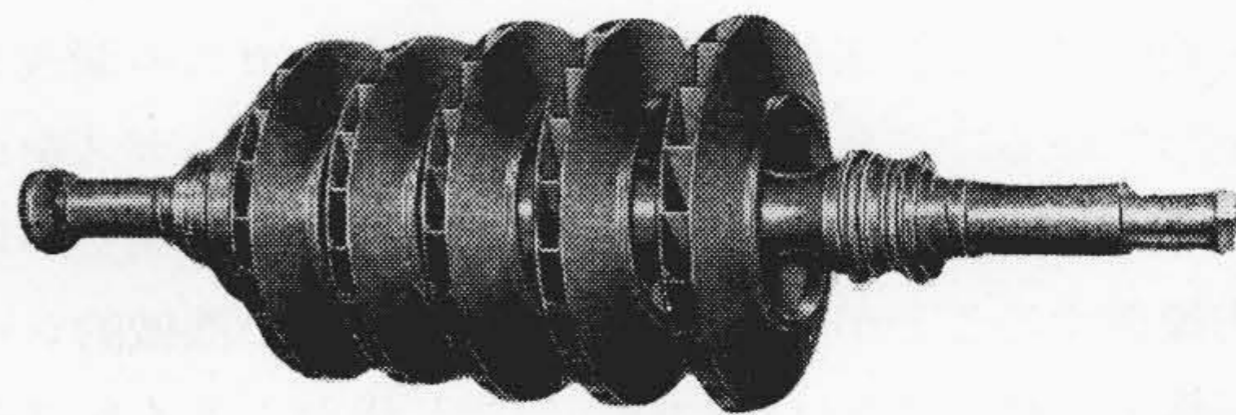
いる。実際の運転の結果この軸方向のケーシングの伸びが約 2 mm 程度あることが認められた。

ランナは回転数を上げることにより形態を小さく, 段数を減じるとともに比較回転数を適当にとりうるため効率がよくなる。しかし不純物の多い未精製ガスを取扱う関係上, タール分などの附着によりアンバランスを生じ振動発生の原因となることを考慮すればランナ周速は制限を受ける。本機はこの点を十分検討しランナ径羽根角度および段数を決定した。

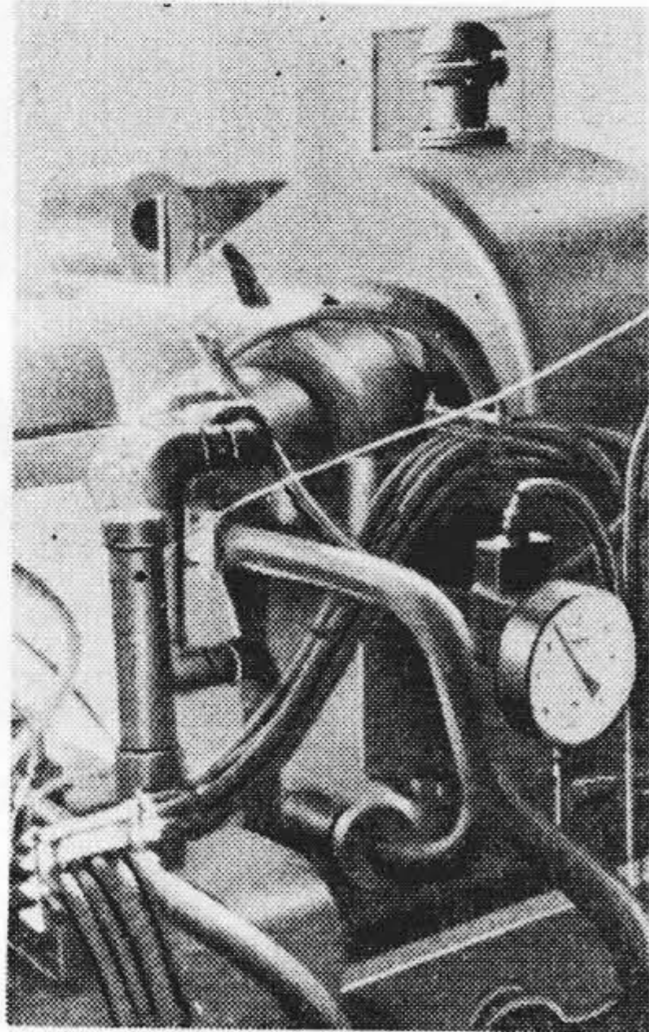
ランナは心板(軸と固定されるもの), 側板ともニッケルクロームモリブデン鋼を鍛造し, 全面仕上を行つたものを用い, 羽根および沈頭鉋は不銹鋼を使用してある。ランナは主軸に焼嵌した上確実な方法によつて固定してある。主軸の各段ランナの吸込口部分は大きく鼓形にえぐり, 流体力学的に合理的な形状にしてランナへの吸込効率を良好ならしめている。各ランナは 10% の過速度試験を行い, 強度的に高度の信頼度をもたせるとともにシャフトに組付けられたランナは外周において 0.2 g 以下の厳密な動的釣合をとり, 運転中の振動を最小ならしめている。第4図は主軸とランナを組付けたものを示す。内部の各ラビリンス部は特殊の工作法により不銹鋼のフインを埋込んでいる。

(b) 増速歯車装置

本機の原動機としては, 価格, 保守, 性能などの面から 4 極の誘導電動機を採用した。このため従来のこの種ターボブロワに比し増速比が大きくなつている。歯車はダブルヘリカルギヤとして, ギヤ, ピニオンともニッケルクローム鋼に入念なる調質を行い, さらに歯面は焼入して十分な硬度をもたせ, 本邦唯一の大型マーグギ



第4図 シャフトおよびランナ



第5図 給油ポンプ

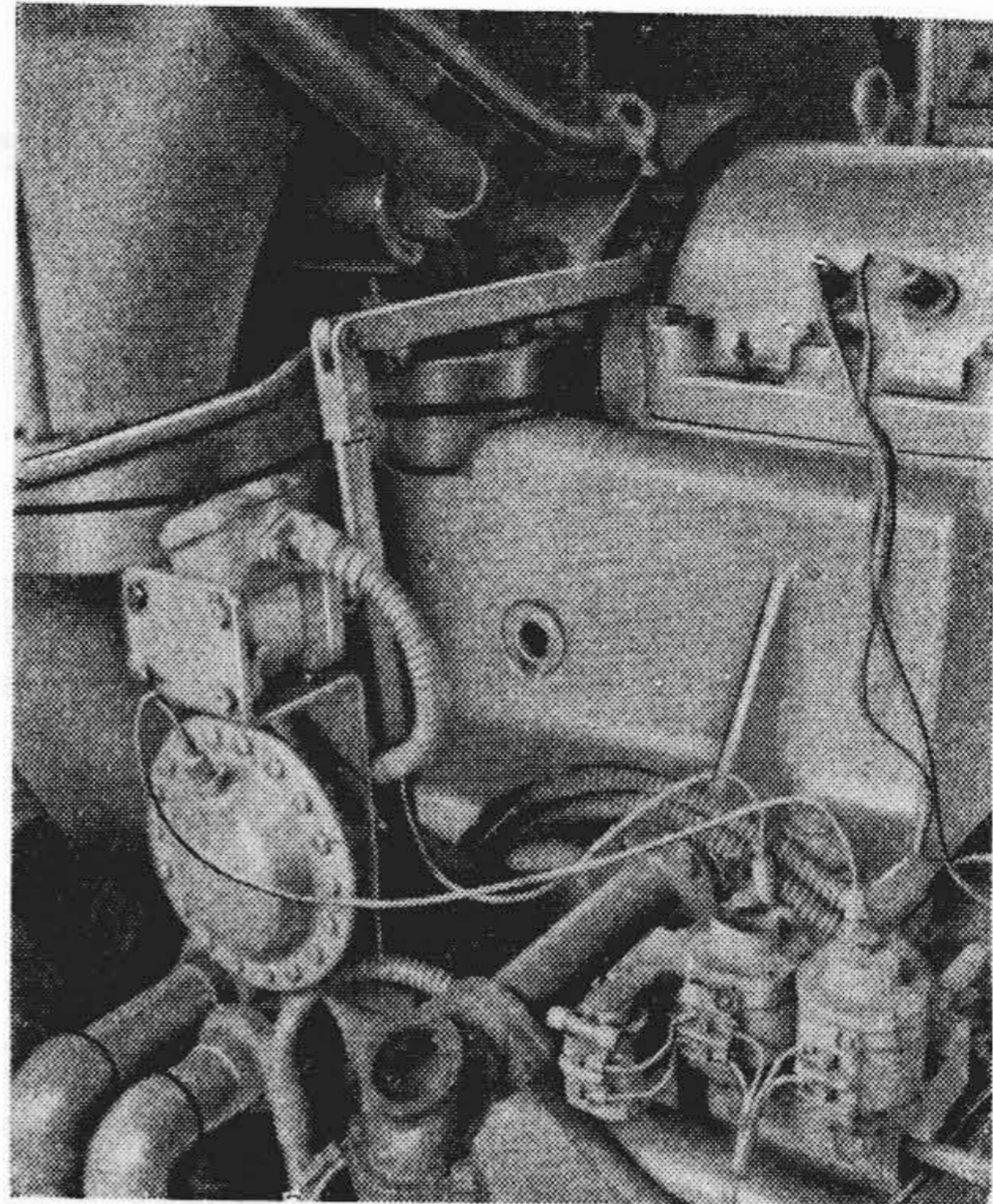
ーグラインダにより精密な歯型に研磨仕上げをしている。歯車の精度は単一ピッチ誤差は  $15\mu$  以下，刻み円の振れ  $30\mu$  以下，歯先円の振れ  $15\mu$  以下となっている。したがって伝達馬力に対して十分な安全度をもたせてあるため，音響，振動の少いことおよび寿命の長いことなどでは最高級増速装置である。また給油ポンプはギヤー軸端に直結され，必要油量に対してポンプの形態が小型となっている。第5図は給油ギヤーポンプ部を示す。

#### (c) ガスクーラ

インタクーラ，アフタクーラともガスの冷却には管束を用い，管の内側を冷却水，外側をガスが通り管壁を通じて熱交換が行われる。管および管板の材質は冷却水（海水）およびガスによる腐蝕に対し，種々の材料について実験の結果全面にメッキを施した鋼管および鋼板を採用した。ガスによる表面の汚れと，管内面のスケール附着によつて伝熱効果が低下することを考慮して伝熱面積は十分大きくし，また管束の着脱は床面上から容易に行いうるようにし，掃除に便ならしめた。なお冷却水管には断水継電器をつけ起動時のインタロックとともに運転中の保護を行つている。

#### (d) 軸封装置

軸がケーシングを貫通する部分にはガスの漏洩を防止するために水封装置を取付けている。この水封装置の構造はラビリンスと水の遠心力による圧力上昇を併用したもので，運転中はラビリンス中央部にある小さなランナで水の圧力を給水圧に抗して高め，水の使用量を節減すると同時に，この部分の水の圧力で内部のガスの漏洩を防止している。さらに停止時はバルブ板によりガスをシールする構造とし，これは空気圧により中央管制室から遠方操作することができる。また起動時この機械的シールが緩められなければ電動機が起動し得ぬようインタロックしている。



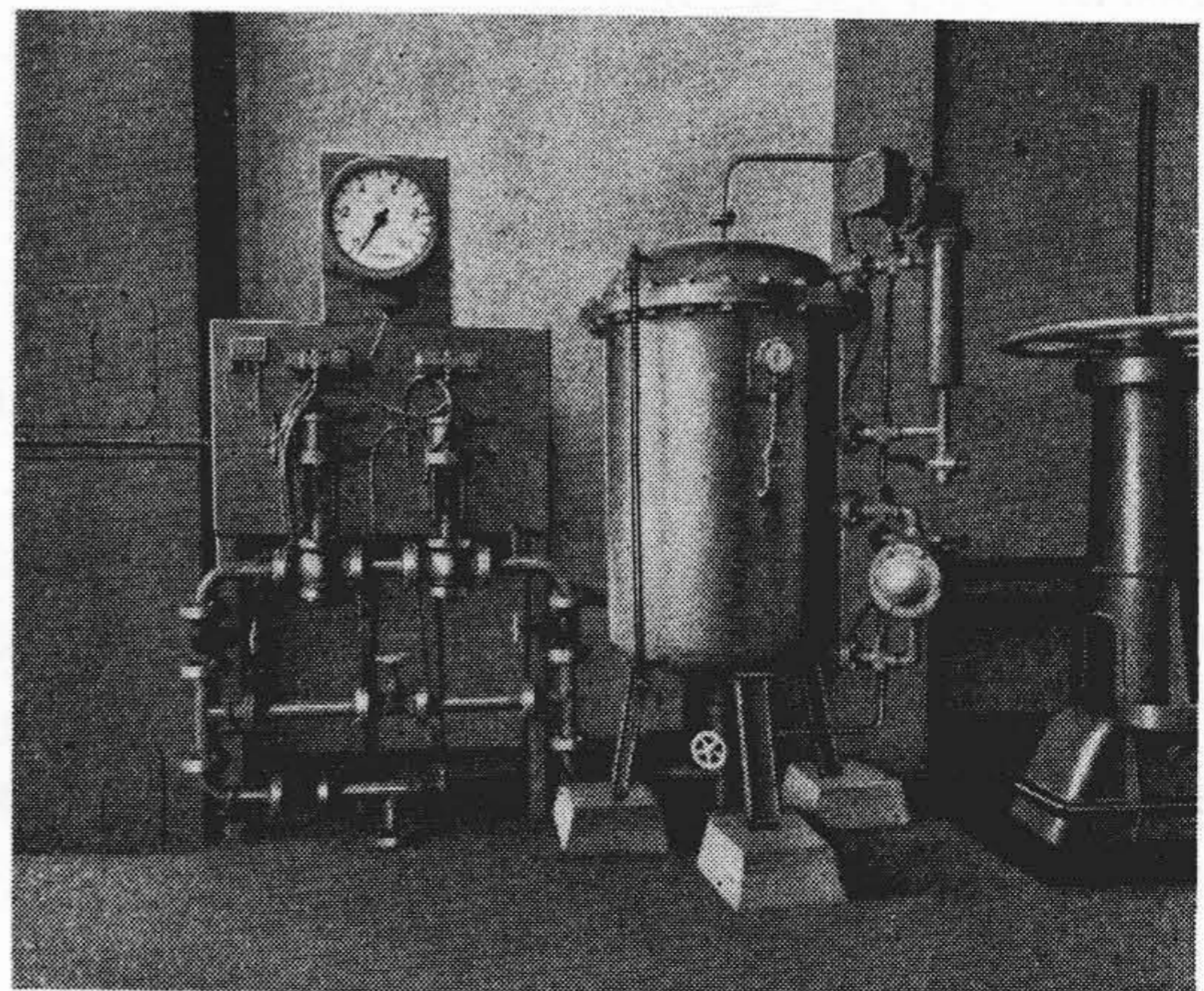
第6図 軸封装置

第6図はこの軸封操作機構の外観を示す。

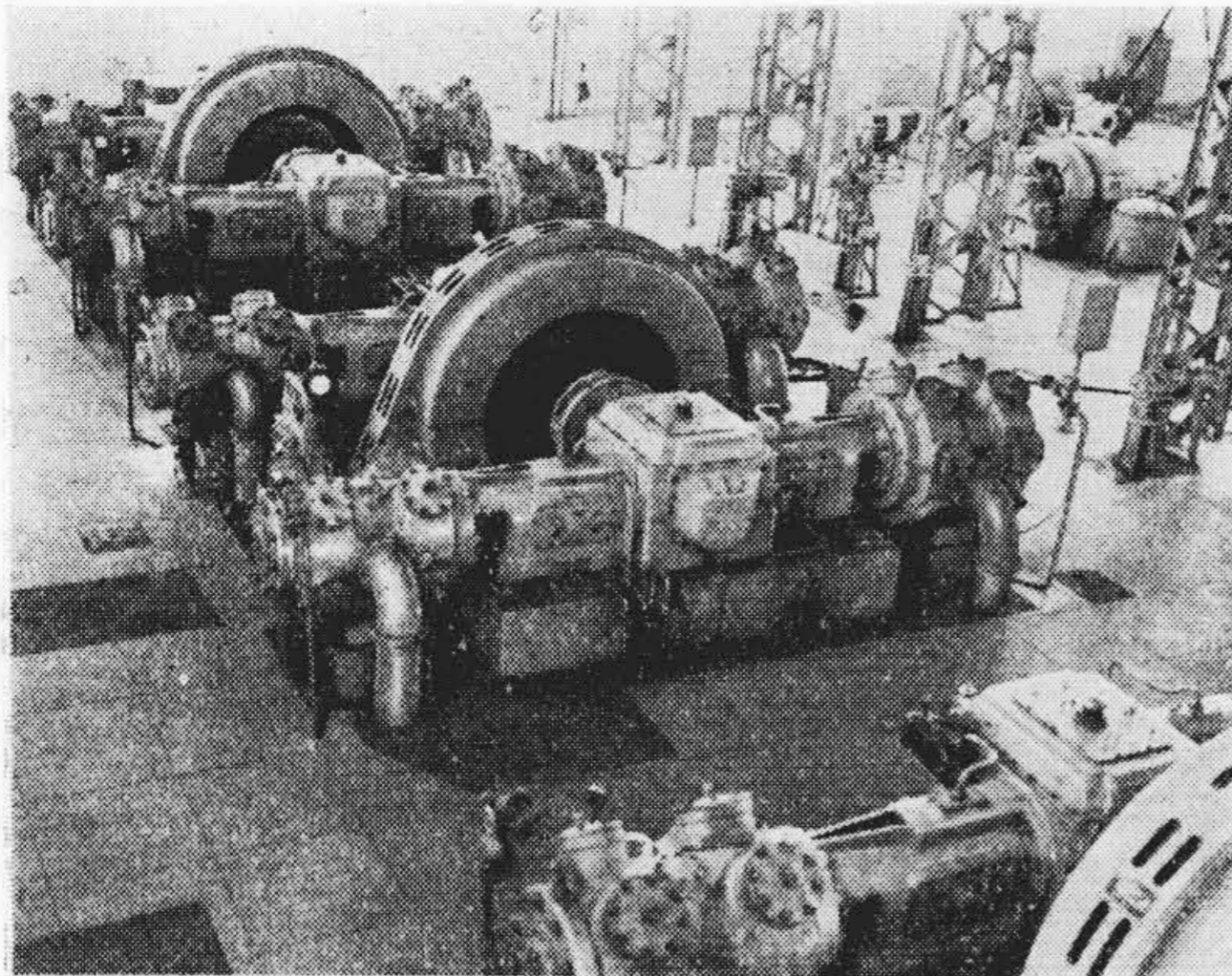
#### (e) 給油装置

運転中は増速ギヤーシャフトに直結された給油ポンプ（前出）により各部の潤滑が行われるが，起動，停止時にも遠方操作により確実に給油が行われる自動給油装置が附属している。これにより事故，あるいは停電などによつてターボ圧縮機が非常停止しても自動的かつ確実に給油が行われるようになっている。第7図はその外観を示す。また運転中に循環する潤滑油を溜めるオイルタンクは据付面積を小さくするために，増速装置を支持しているベース内に設けている。

起動時には給油圧（自動給油装置による）が  $1.0\text{ kg/cm}^2\text{G}$  以上なければ電動機が起動しないようにインタロックされており，運転中油圧が  $0.8\text{ kg/cm}^2\text{G}$  以下になれば電動機が非常停止し，同時にターボ圧縮機が完全停止するまで自動給油装置より給油が行われる。



第7図 自動給油装置



第8図 2,500 HP バランス型圧縮機

〔V〕 往復動圧縮機（バランス型圧縮機）

往復動圧縮機としてはバランス型を採用したがこの種圧縮機としてはバランス型でなくては作り得ぬ大容量のもので、 $10 \text{ kg/cm}^2$  程度の往復動圧縮機としては大容量記録品である。

(1) 仕様

- 型式 BTD<sub>2</sub>-IMC
- 気筒数 (バランス型複動2段圧縮2列配置)
  - 1段目 2個
  - 2段目 2個
- 回転数 300 rpm
- 吐出容量 28,000 Nm<sup>3</sup>/h (ただしターボ圧縮機と組合運転時)
- 吸入圧力 ターボ圧縮機と組合時  $1.8 \text{ kg/cm}^2\text{G}$   
単独運転時 30~70 mmAqG
- 吐出圧力  $9.5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$
- 取扱ガス (ターボ圧縮機と同じ)
- 電動機 2,500 HP 同期電動機

(2) 特長および構造

バランス型圧縮機としての特長は本機のように大容量圧縮機において遺憾なく発揮されるもので、大容量なるにもかかわらず、在来の並列型に比し、

- (a) 振動源となる不釣合慣性力はわずかな偶力を残すのみであり振動が少いこと。
- (b) 圧縮機、電動機ともに高速となりしたがつて小型となること。
- (c) 基礎据付面積が小さく、据付

が容易で工事費が安価であること。

(d) 取扱保守が容易であること。

などの特長を持っている。

圧縮機の据付は二段式とし中間冷却器、後部冷却器、潤滑油用電動ギヤーポンプ、油タンク、油冷却器、および諸配管をすべて床下配置とし、圧縮機本体および電動機の保守点検ならびに監視に便なるよう配置してある。

(i) 気筒関係

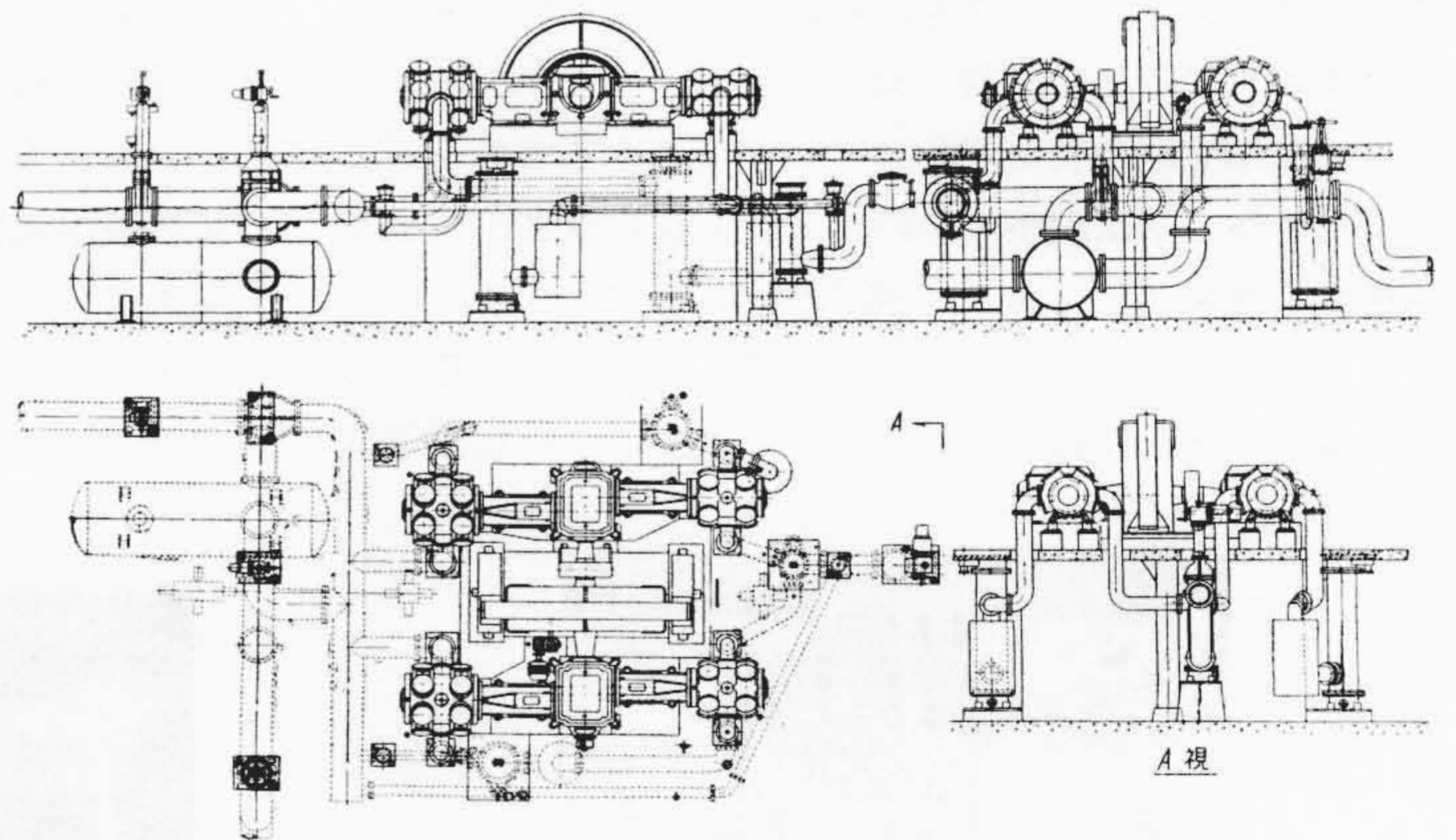
気筒配置は第9図に示すように、電動機を中にはさんだ2個のフレームの左右にそれぞれクランク軸を対称軸として、1段、2段両気筒を相対向して配置したもので、一对のクランク位相角は180度、各列のクランク位相角は90度とし、不釣合慣性力のみでなく、トルクの変動率もきわめて小さくなっている。

1段、2段ともピストンは高級鋳鉄製で、低圧側ピストンは強度の許す限り軽量にして高圧側ピストンと重量を等しくして往復運動部分重量の釣合を完全にしている。外周にはホワイトメタルをライニングしている。

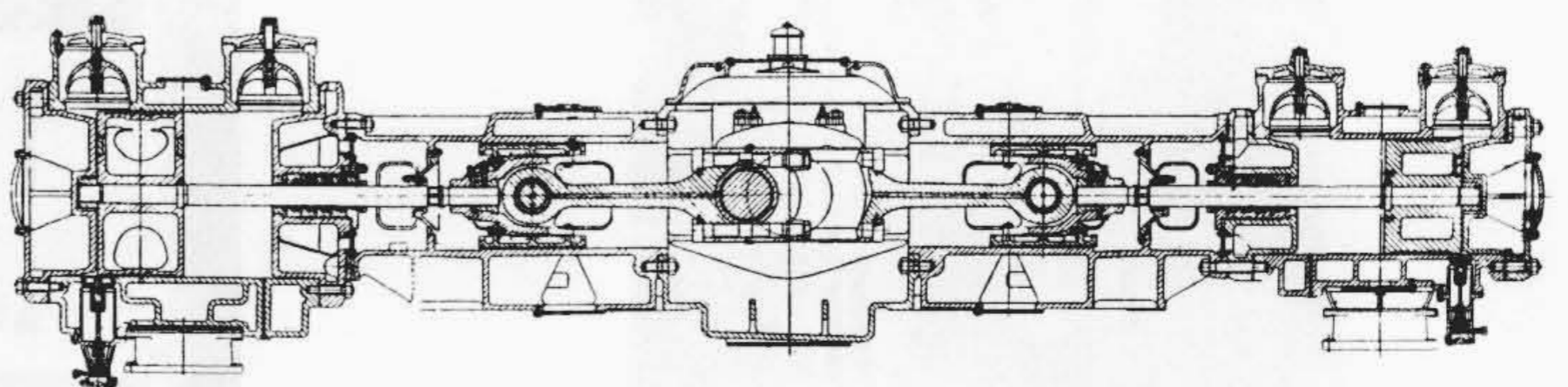
ピストンロッドはニッケル鋼で高周波焼入後さらに硬質クロームメッキを行い、耐蝕耐磨耗性にすぐれ、ホワイトメタルを使用した金属衛帯とともに気筒蓋貫通部に十分な気密性を与えている。

気筒の支持は熱膨脹による狂いを考え、水套部に設けた脚をスライドベースに乗せる構造をとっている。

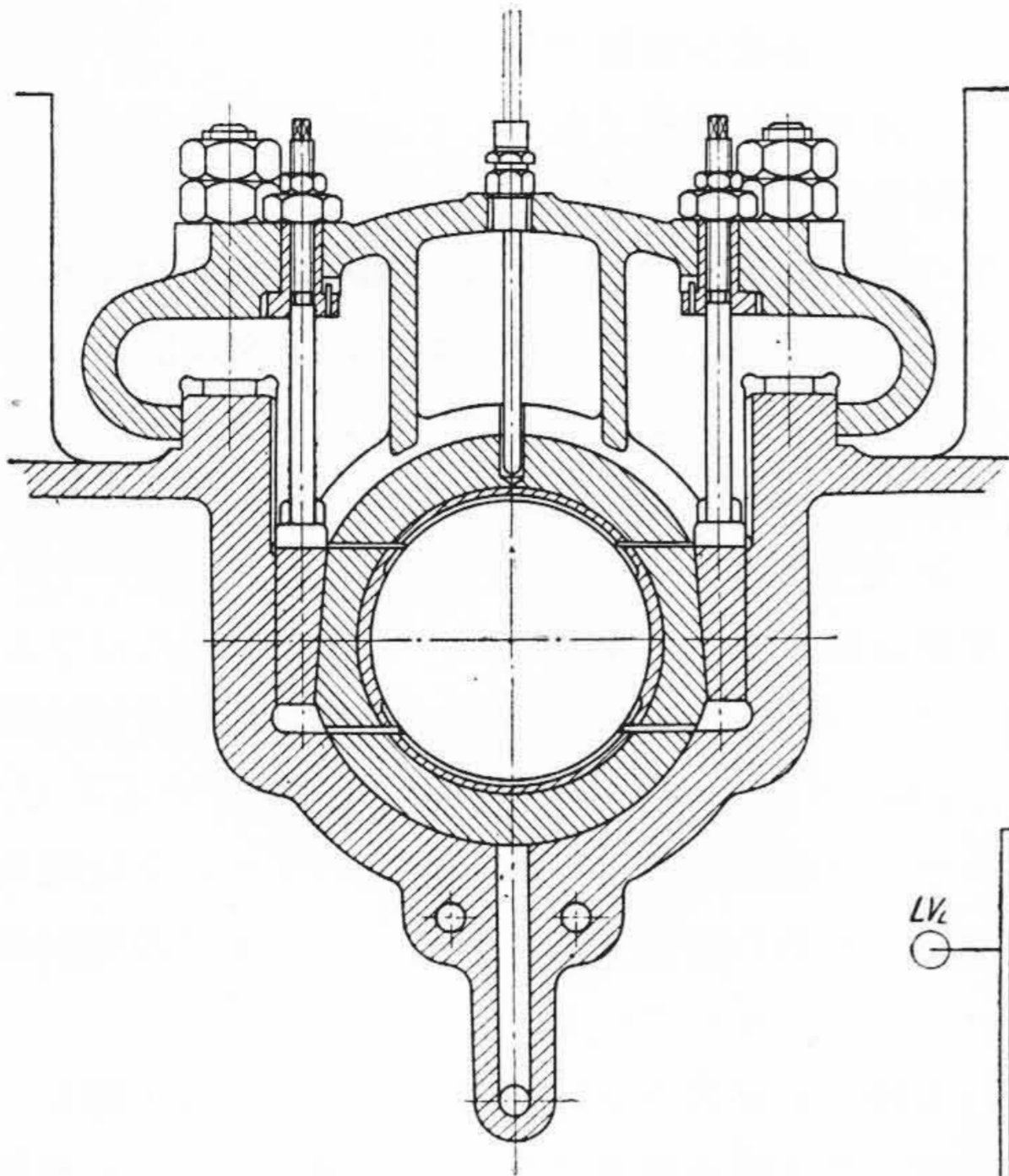
吸吐出弁はガスクッション式を採用し、寿命の向上を



第9図 2,500 HP バランス型圧縮機据付図



第10図 2,500 HP バランス型圧縮機構造図



第11図 主軸受

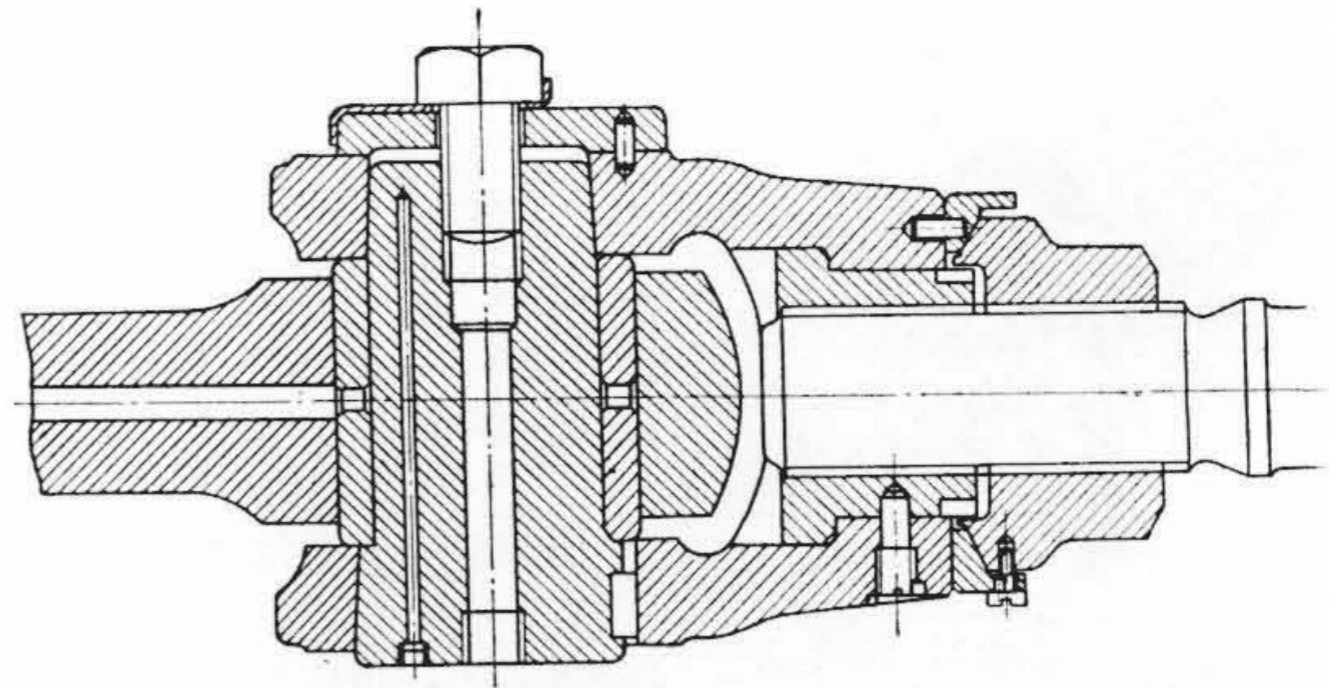
図つてある。

(ii) フレーム、クランク関係

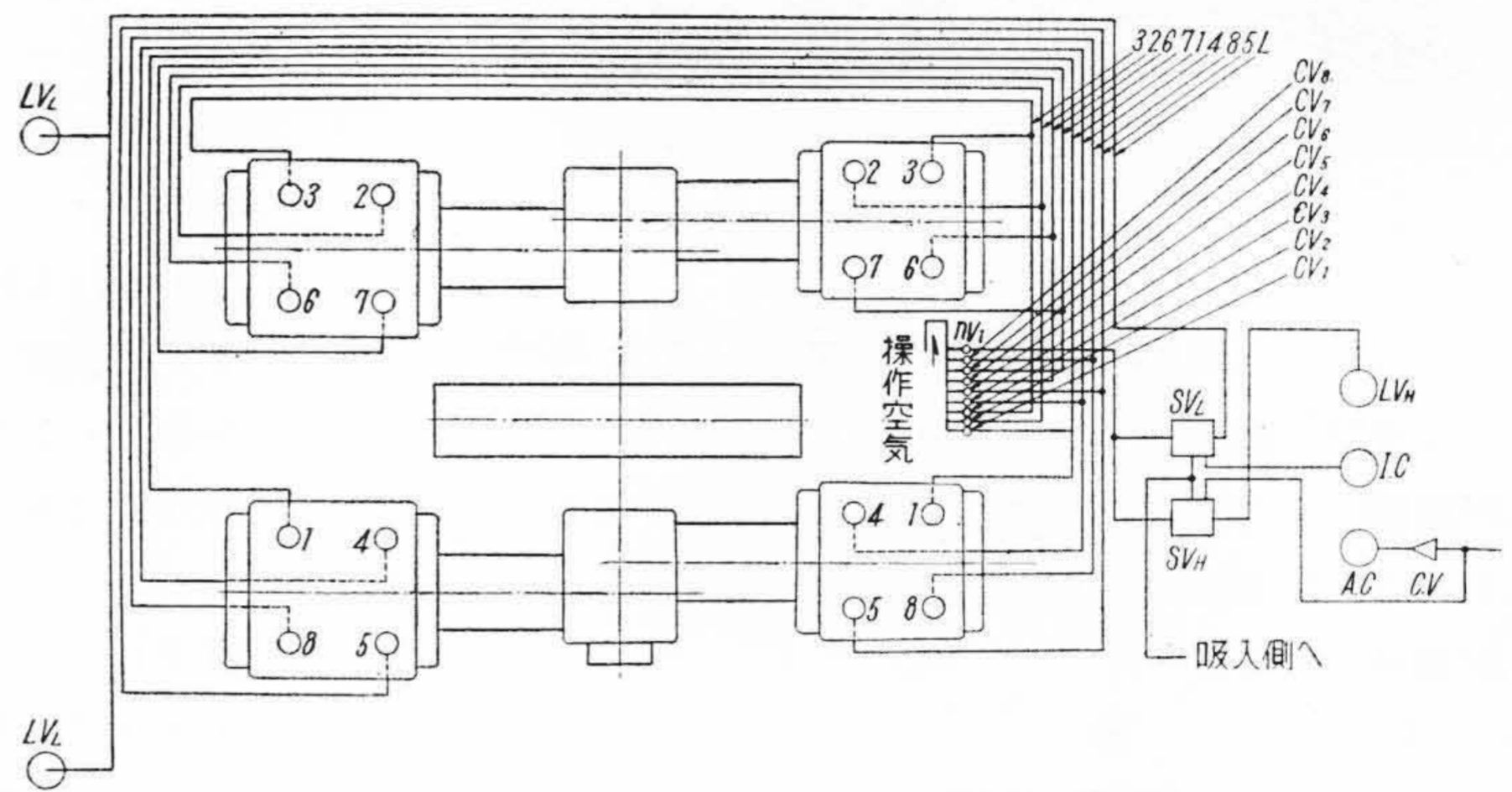
クランク軸は一体鍛鋼製で中央に同期電動機の回転子を嵌入し、それぞれ2個の主軸受を有する二つのフレームによつて支持せられている。主軸受は

第11図に示すように四つ割れで鋳鋼製裏金にホワイトメタルを施しコッタによつて間隙の調整を行うことができる。ラージエンドメタルは鋳鋼裏金にホワイトメタルをライニングした二つ割りセルタイプ、スモールエンドメタルは軸受砲金製全浮動式ブッシュタイプである。

クロスヘッドは調整可能のシューを有しホワイトメタルをライニングしてある。第12図に示すようにピストンロッドとの結合にはエンドクリアランスを変えることなくピストンを任意の位置に固定できるようにし保守調



第12図 スモールエンド



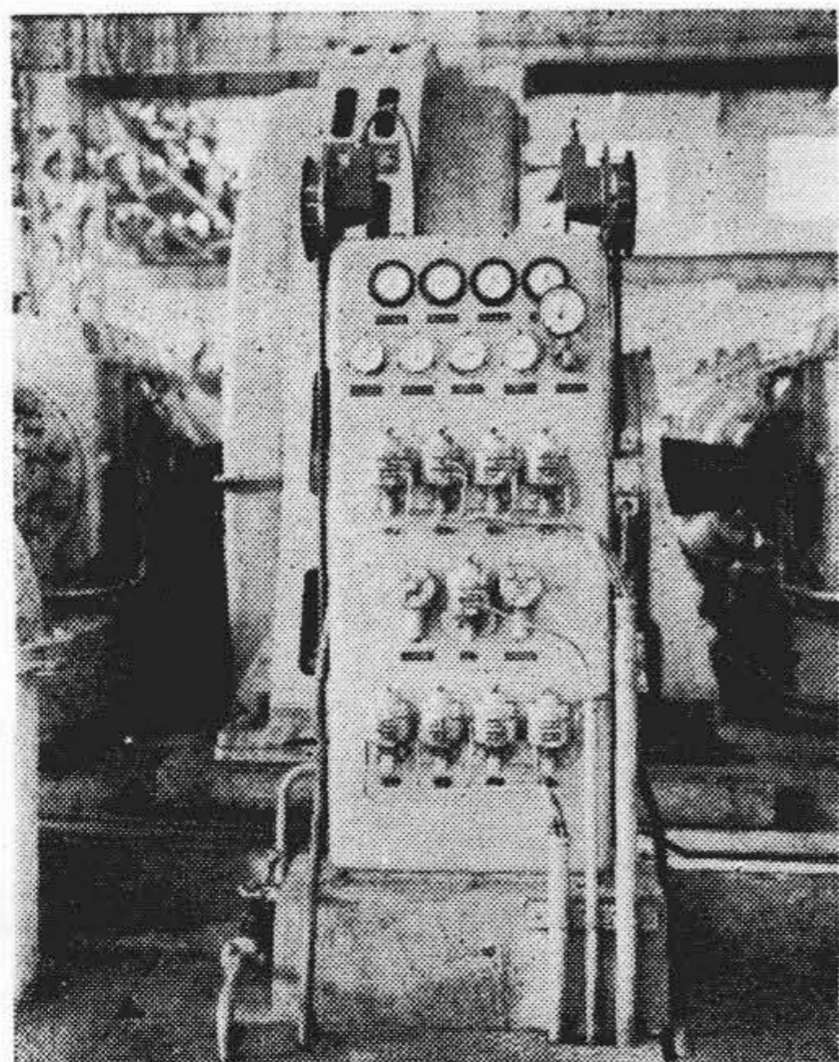
第13図 容量調整系統図

整に便ならしめている。

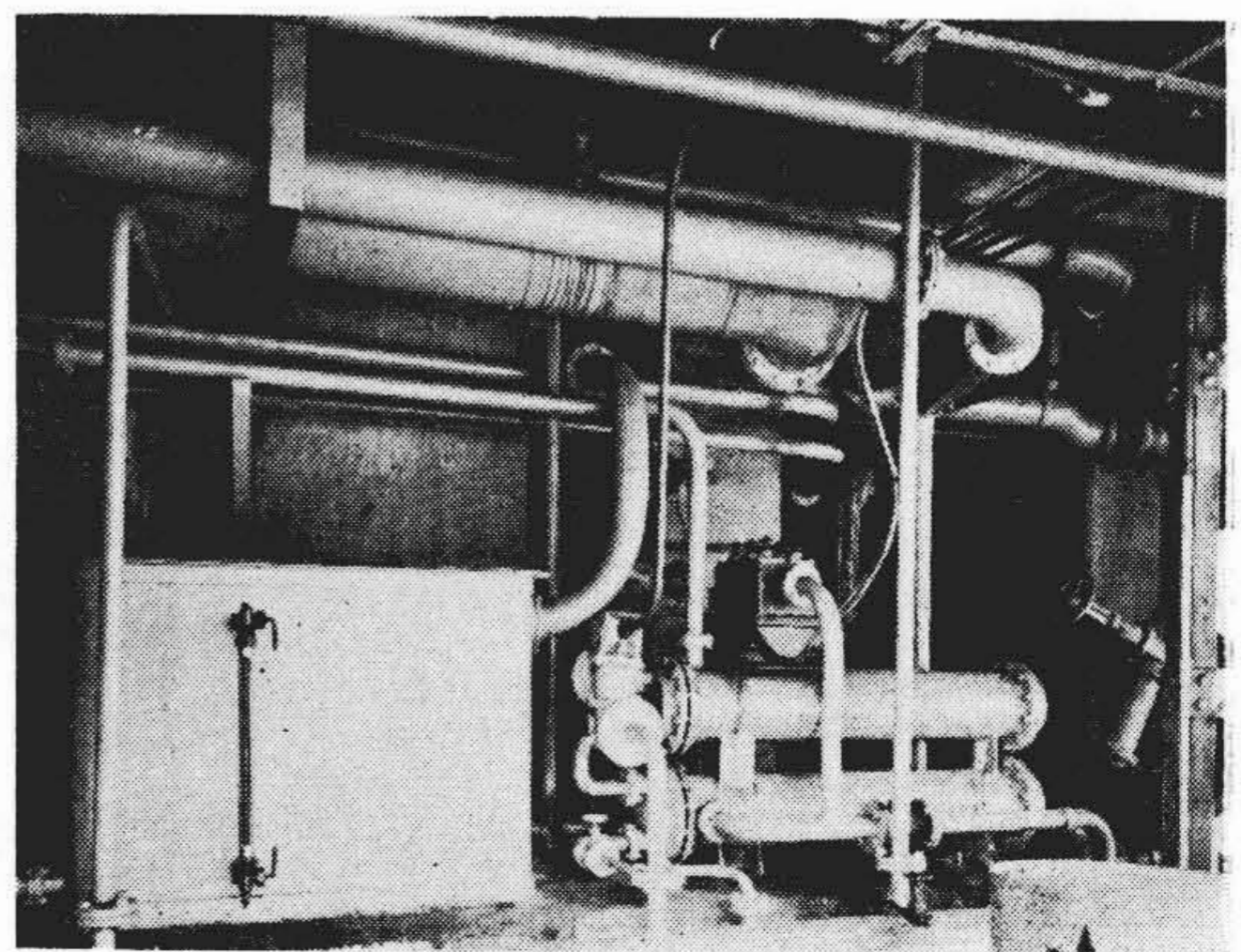
主軸受およびクロスガイドには冷却水套を有し、摺動回転部分を十分冷却しうる構造となつている。

(iii) 容量調整装置

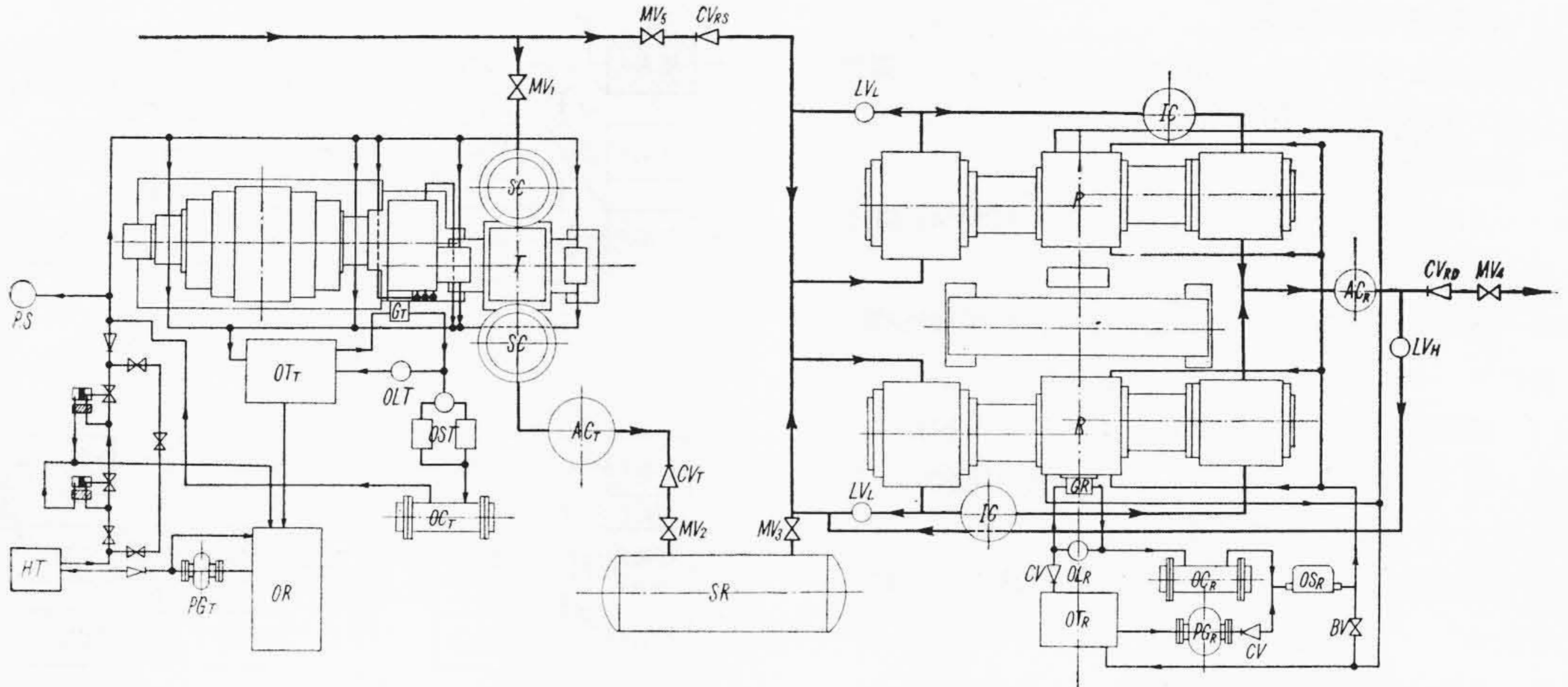
容量調整は1,2段1組の気筒に各4組、合計8組の間隙容積附加弁を有し、電磁弁(CV<sub>1</sub>~CV<sub>8</sub>)を介して空気圧によつて作動する間隙容積加減型を採用し、第13図に示すような順序に間隙容積を附加して容量を9段階に調整する。



第14図 計器盤



第15図 外部油給油装置



第16図 主管油管系統図

間隙容積はターボ圧縮機と直列運転の場合ターボ圧縮機がサージングに入らぬよう、全部作動してもターボ圧縮機の吸入ガス量が70%以下に低下することがないように設計し直接吸込みの場合には、バランス型圧縮機の間中圧力が直列運転の場合に比して降下することを利用してほぼ100%の制御ができるようにしてある。したがって1セットの圧送機としては既述のように直列運転により100~70%の間を9段階、単独運転により38~4%の間を9段階に調整することができる。

起動時の負荷軽減装置としては、同じく電磁弁 NV<sub>1</sub> を介して空気圧により作動する排気弁 LV<sub>L</sub>, LV<sub>H</sub> が1, 2段吐出側に設けてあり、バイパスすることにより行われる。

電磁弁の操作はいずれも監視盤において遠隔操作するようになっているが、圧縮機本体のところにある計器盤において直接動作させることもできる。

作動空気圧は 7.5~8 kg/cm<sup>2</sup> で別に設けた空気圧縮機によつて補給される。

(iv) 給油装置

気筒およびグランドパッキンなど内部油はクランク軸端より偏心揺動棒によつて駆動されるプランジヤ型注油器によつて、主軸受、ラージエンドおよびスモールエンドメタル、クロスなど外部油はクランク軸に直結されるギヤーポンプに供給される。外部油は床下に油タンクおよび油冷却器を有し、起動時は別に設けた電動ギヤーポンプにより給油する(第15図参照)。ギヤーポンプ吐出側に設けた油圧リレーによ

り、起動時のインターロックと運転時の非常停止の役を果たしている。

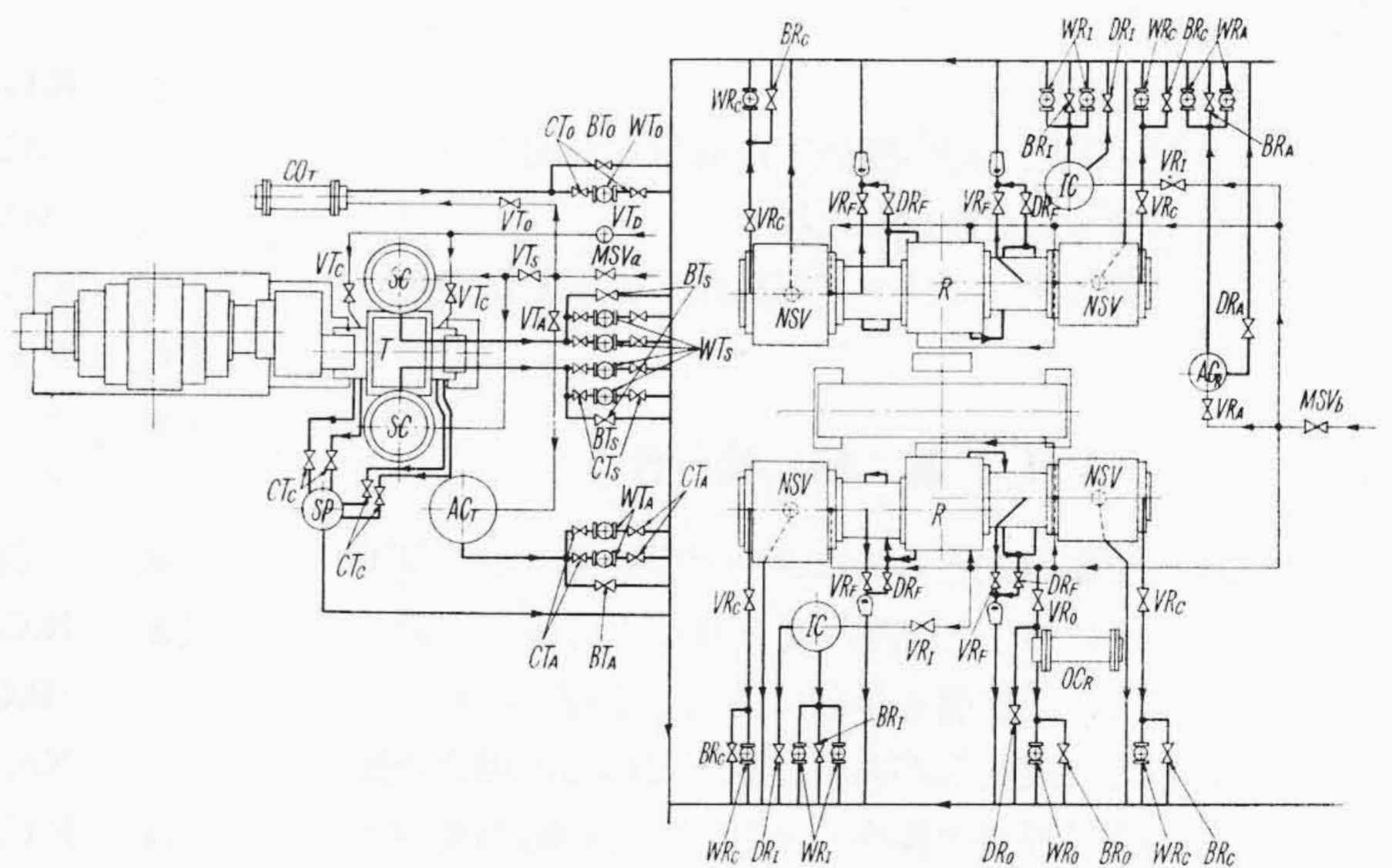
(v) 冷却装置

ガス冷却器は中間ならびに後部冷却器とも縦型管束式で、冷却管は亜鉛引鋼管を使用し、ドレンセパレータ、および浮子と冷気圧によつて制御されるドレン自動排出弁を有する。

気筒およびガス冷却器の冷却水には断水リレーを有し、また監視盤において遠方操作する電磁弁を取付けて停止時気筒およびガス冷却器の排水を完全ならしめている。

[VI] 保安装置

中央管制室において遠隔操作を行うので安全のため、起動時、運転時にわけて次のような保安装置を設けた。



第17図 水管系統図

(1) 起動時の保安装置

次の諸条件を満足しないと電動機が起動しない（電動弁については第16, 17図参照）。

ターボ圧縮機

- (a) 各部冷却水通水（給水用電動弁（MSVa）間をリミットスイッチにより検出）
- (b) 軸封部の機械的シールの解放（軸封操作機構附属のリミットスイッチにより検出）
- (c) 潤滑油圧力の上昇（油圧リレーにより検出）
- (d) 吸入弁（MV<sub>1</sub>）開吐出弁（MV<sub>2</sub>）閉（電動（弁）附属のリミットスイッチにより検出）
- (e) 電動機用冷却ファン風圧上昇（風圧リレーにより検出）

バランス型圧縮機

- (a) 各部冷却水通水（給水用電動弁（MSVb）のリミットスイッチ）
- (b) 外部油油圧の上昇（油圧リレーにより検出）
- (c) 電動ターニング装置の離脱（ターニングギヤのレバーにて作動するリミットスイッチ）
- (d) 吸入弁（MV<sub>3</sub>）および吐出弁（MV<sub>4</sub>）開（電動弁附属のリミットスイッチ）
- (e) 起動負荷軽減装置が無負荷状態となる（逃気弁に作動する空気圧を圧力リレーによつて検出する）
- (f) 電動機スリップリング用風圧上昇（風圧リレーにより検出）

(2) 運転中の保安装置

運転中非常停止するための保安装置としては、次のような場合に主電動機を停止しかつ警報を発する。

ターボ圧縮機

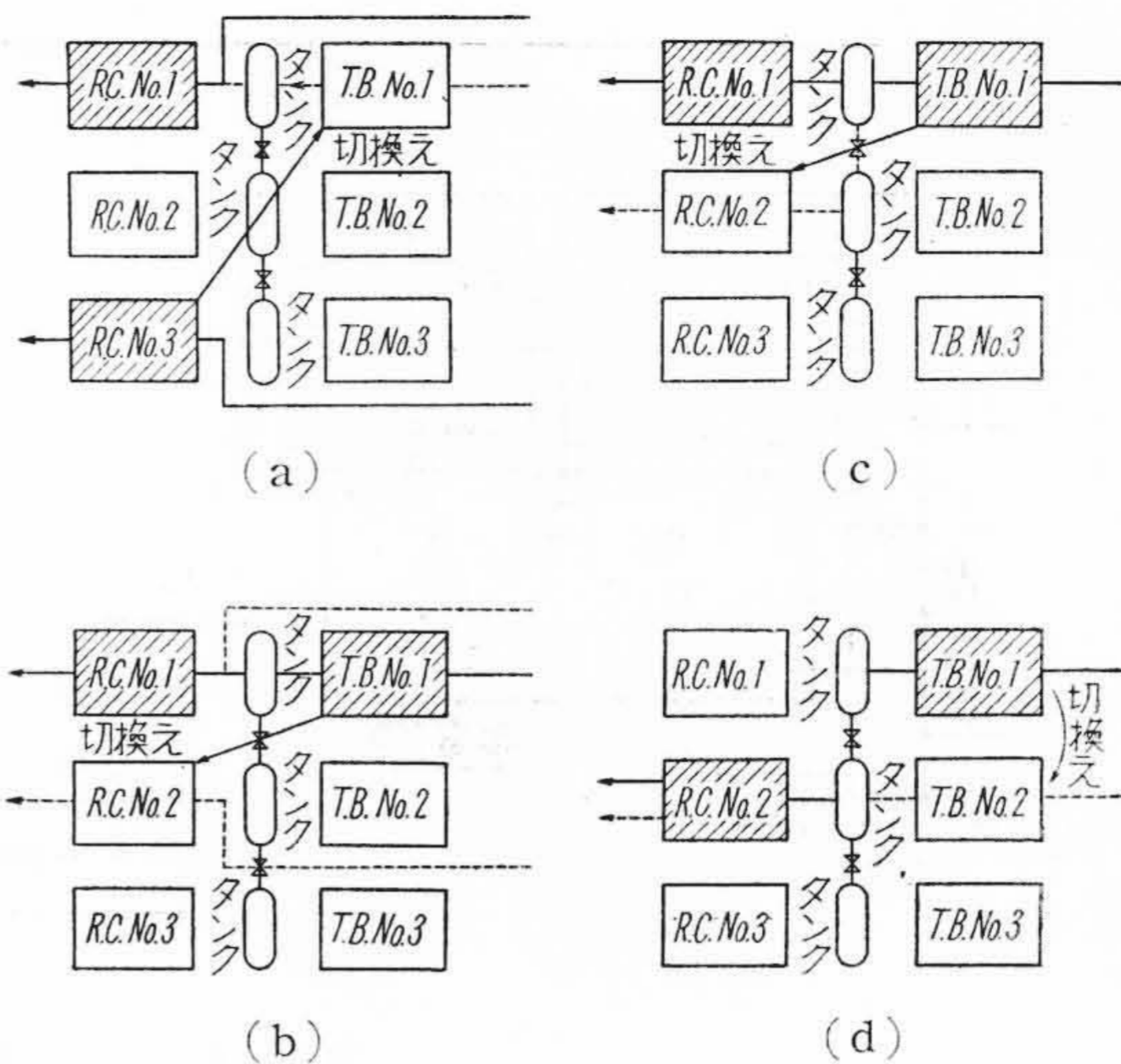
- (a) 軸受温度が異常上昇した場合
- (b) 潤滑油圧が規定値以下に低下した場合
- (c) 各部冷却水が減水した場合
- (d) 電動機冷却ファンが停止した場合

バランス型圧縮機

- (a) 外部油油圧が規定値以下に低下した場合
- (b) 各部冷却水が減水した場合
- (c) 電動機スリップリング用風圧が低下した場合

[VII] 運転操作

本圧送機の運転方式としてはターボ圧縮機（以下 T.C と呼ぶ）とバランス型圧縮機（以下 R.C と呼ぶ）と直列に運転する場合、圧縮機を単独に運転する場合、およびそのほかの組合せ運転とがある。以下これらの場合の運転操作について各種弁の操作を主としてその概略を述べる（容量調整配管系統図第13図および配管系統図第16図を参照）。



第18図 運転操作図

(1) 直列運転

- (a) T.C. 吸入弁（MV<sub>1</sub>）開，出口弁（MV<sub>2</sub>）閉，R.C. 吸入弁（MV<sub>3</sub>）開，同出口弁（MV<sub>4</sub>）開，R.C. 直接吸入弁（MV<sub>5</sub>）開，

以上の電動弁操作をまず行う。

- (b) R.C. を起動する（無負荷状態にて）。
- (c) T.B. を起動する（約40～50秒で全速になる）。
- (d) T.B. 出口弁（MV<sub>2</sub>）を開く（開き始めてより30秒位の間，サージングを起す）。
- (e) ただちに R.C. のレリーフ弁（LV<sub>L</sub>, LV<sub>H</sub>）を閉じる。
- (f) R.C. のクリアランスバルブ（CV<sub>1</sub>～CV<sub>8</sub>）を順次閉じる。
- (g) 全負荷運転に入る。

停止の場合はまず T.C. を停止し，R.C. 吸入弁（MV<sub>3</sub>）を閉じたのち R.C. を停止する。

(2) R.C. 単独運転

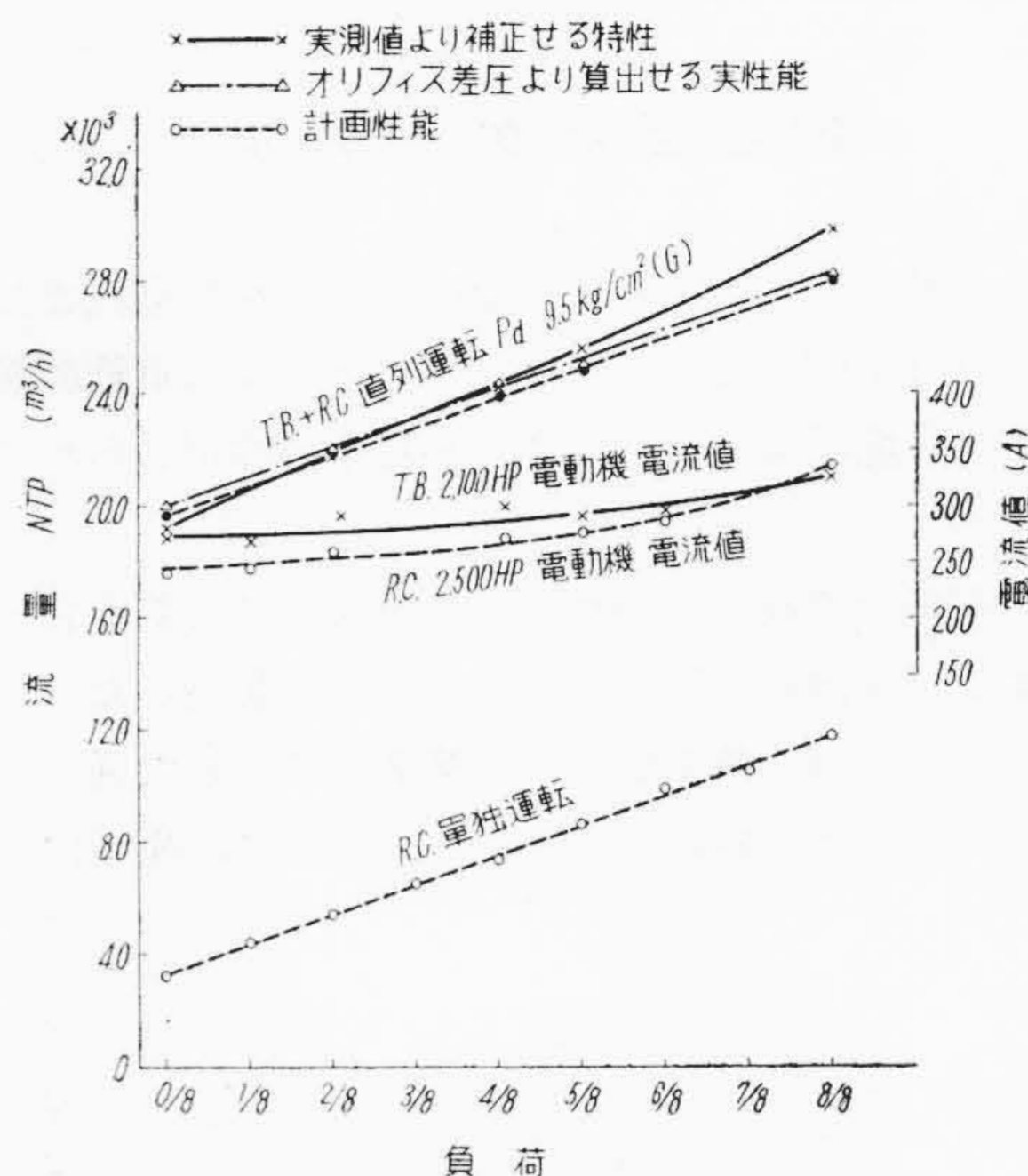
- (a) （MV<sub>1</sub>）閉，（MV<sub>2</sub>）閉，（MV<sub>3</sub>）閉，（MV<sub>4</sub>）閉，（MV<sub>5</sub>）開，以上の電動弁操作をまず行う。
- (b) R.C. を無負荷起動する。
- (c) レリーフ弁（nV<sub>1</sub>）を閉じる。
- (d) クリアランスバルブ（CV<sub>1</sub>～CV<sub>8</sub>）を順次閉じる。
- (e) 全負荷運転に入る。

(3) R.C. 並列運転から直列運転切換え。（第18図）（R.C. No. 1+R.C. No. 2→R.C. No. 1+T.C. No. 1）

- (a) R.C. 並列運転の操作は(2)と同様それぞれについて行う。
- (b) T.C. No. 1 を起動状態にする。



- (c) R.C. No. 1 の吸入弁 (MV<sub>3</sub>) を開き T.C. No. 1 の吸入弁 (MV<sub>1</sub>) を開く。
- (d) T.C. No. 1 を起動する。
- (e) T.C. 全速ののち、R.C. No. 1 の負荷を軽減 (CV<sub>1</sub>~CV<sub>8</sub> 開く) と同時に T.B. No. 1 の吐出弁 (MV<sub>2</sub>) を開く。
- (f) R.C. No. 2 の負荷軽減、およびレリーフ弁を開く。
- (g) R.C. No. 1 のクリヤランス弁 (CV<sub>1</sub>~CV<sub>2</sub>) を順次閉じる。
- (h) R.C. No. 2 を停止する。
- (i) R.C. No. 1 の直接吸入弁 (MV<sub>5</sub>) を閉じる。
- (4) 直列運転からレシプロ並列運転切換え (第 18 図 b) (R.C. No. 1+T.C. No. 1 → R.C. No. 1 +R.C. No. 2)
  - (a) R.C. No. 1 直接吸入弁 (MV<sub>5</sub>) を開く。
  - (b) R.C. No. 2 起動準備ののち、起動 (無負荷運転) する。
  - (c) T.C. No. 1 を停止する。
  - (d) T.C. No. 1 吐出弁 (MV<sub>2</sub>) を閉じる。
  - (e) R.C. No. 2 レリーフ弁 (nV<sub>1</sub>) を閉じクリヤランス弁を順次閉じる。
  - (f) R.C. No. 1 の吸入弁 (MV<sub>3</sub>) および T.B. No. 1 の吸入弁 (MV<sub>1</sub>) を閉じる。
- (5) 直列運転中レシプロのみ切換え (第 18 図 c) (R.C. No. 1+T.C. No. 1 → R.C. No. 2+T.C. No. 1)
  - (a) R.C. No. 2 起動準備ののち起動 (無負荷運転) する。
  - (b) R.C. No. 2 の吸入弁 (MV<sub>3</sub>) を開く
  - (c) R.C. No. 1 および R.C. No. 2 間の中間タンク連絡弁を開く。
  - (d) R.C. No. 2 のクリヤランス弁調整を R.C. No. 1 と同開度にする。
  - (e) R.C. No. 1 のレリーフ弁 (nV<sub>1</sub>) を開き無負荷にする。
  - (f) R.C. No. 2 のレリーフ弁 (nV<sub>1</sub>) を閉じる。
  - (g) R.C. No. 2 のクリヤランス弁を順次閉じる。
  - (h) R.C. No. 1 の吸入弁 (MV<sub>3</sub>) を閉じる。
  - (i) R.C. No. 1 を停止する。
- (6) 直列運転中ブロワのみ切換え (第 18 図 d) (R.C. No. 2+T.C. No. 1 → R.C. No. 2+T.C. No. 2)
  - (a) T.C. No. 2 を起動準備ののち起動する。
  - (b) T.C. No. 2 の吐出弁 (MV<sub>2</sub>) を開く。



第 19 図 容量調節特性曲線

- (c) T.C. No. 1 を停止、吐出弁 (MV<sub>2</sub>) を閉じ、吸入弁 (MV<sub>1</sub>) を閉じる。
- (d) 中間タンク連絡弁を閉じる。

注：T.C. No. 1 が長時間運転されて能力が落ち、分解手入れの終った T.C. No. 2 に切換える場合は、切換時に両ブロワの能力の差から T.B. No. 1 のみサージング入ることが多い。このサージング期間を短くするため、T.B. No. 2 の吐出弁 (MV<sub>2</sub>) をある程度開いておき、T.C. No. 2 の起動時のサージングが終り、ガスが一定して流れ始めたのちただちに T.C. No. 1 を停止する。

### [VIII] 性能

第 19 図に本圧送機の現地におけるターボ圧縮機とバランス型圧縮機の連合運転時、およびバランス型圧縮機単独運転時における性能を示す。

### [IX] 結 言

以上東京瓦斯株式会社 豊洲工場に納入した 2,100 HP ターボ圧縮機と 2,500 HP バランス型圧縮機の連合運転によるガス圧送機を例に、ターボ圧縮機と往復動圧縮機の連合運転の一例を紹介した。高い効率をもつて大容量のガスを取扱う場合必ずこの種連合運転について検討を加える必要があり、本方式が安定した操業に大きく貢献することが期待される。

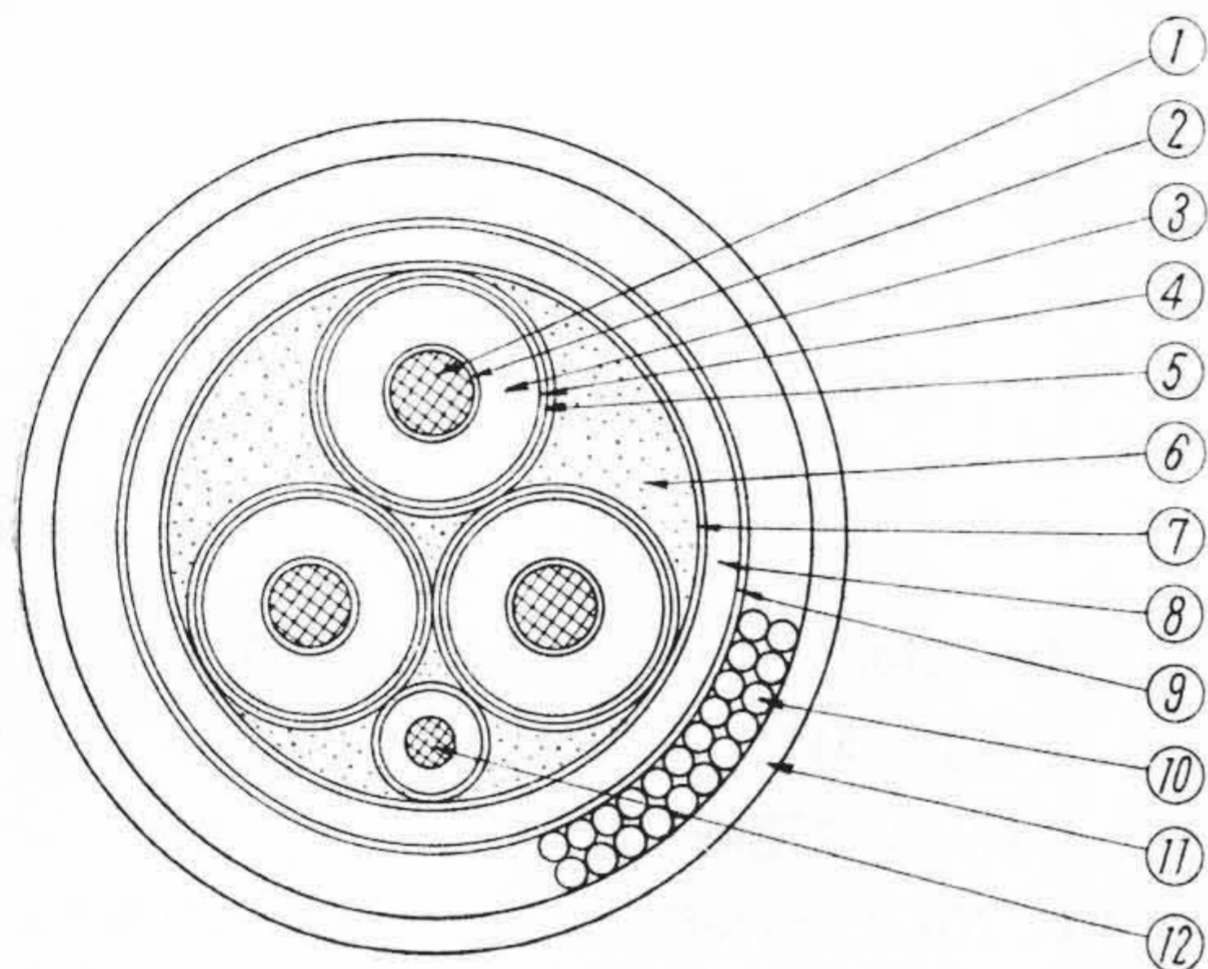
終りに本圧送機の設計製作にあたり、御指導と御便宜を賜った東京瓦斯株式会社の関係各位に厚く感謝の意を表す。

新型 堅坑 ケーブル

鉱山や炭鉱において電力供給用ケーブルを垂直または急傾斜布設を行う場合、従来は一重または二重鉄線鎧装を施した堅坑用電力紙ケーブルが長年の間用いられてきた。

日立電線では最近このケーブルの改良型である合成ゴムおよび合成樹脂応用の堅坑ケーブルを製造した。

それらの断面は第1図および第2図に示した通りで、前者はブチルゴム絶縁クロロプレンシース、後者はポリ



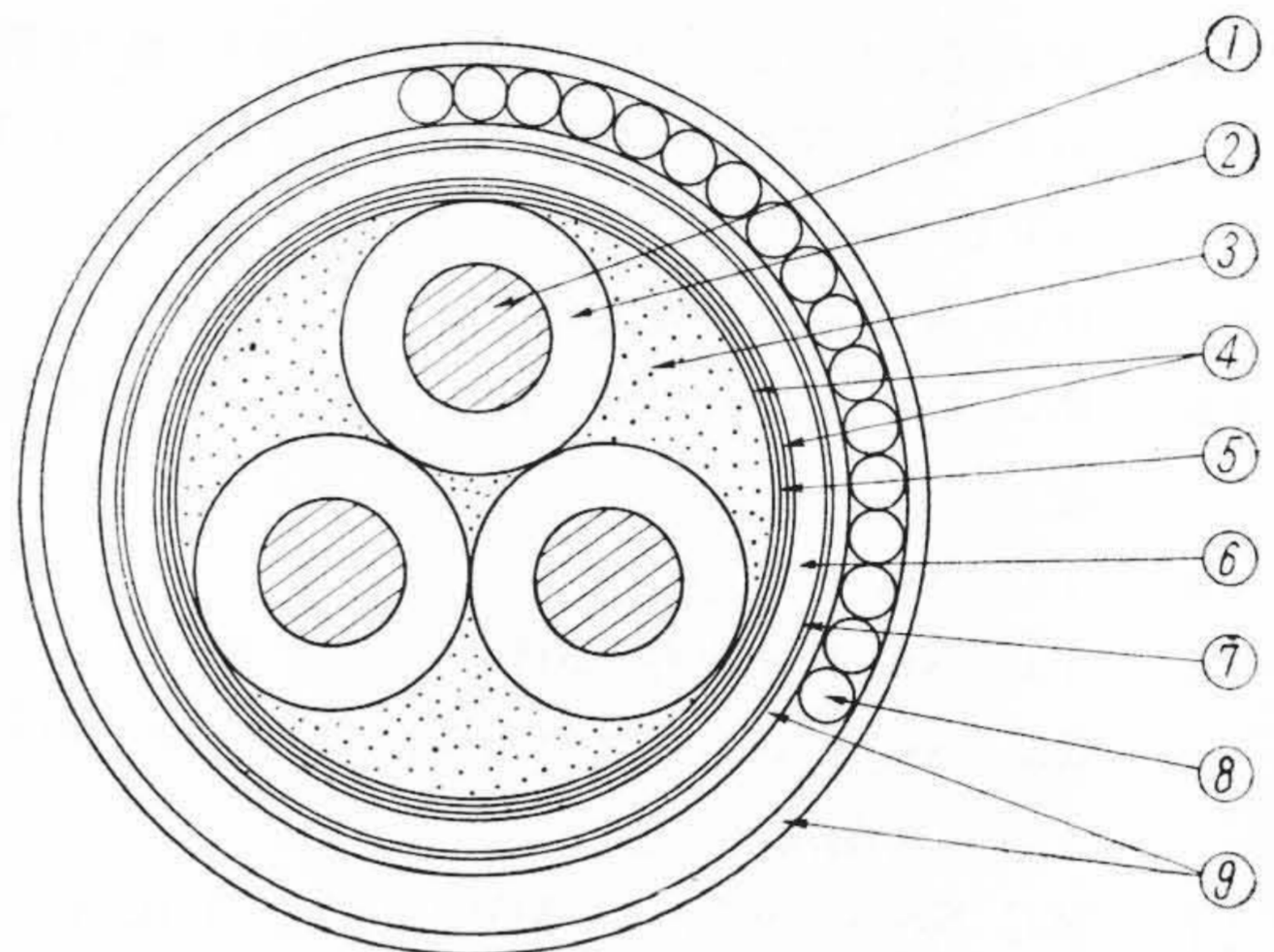
- |             |               |
|-------------|---------------|
| ① 導 体       | ⑦ ゴム引綿テープ     |
| ② 半 導 電 層   | ⑧ クロロプレンシース   |
| ③ ブチルゴム絶縁体  | ⑨ 綿 帆 布       |
| ④ ゴム引綿テープ   | ⑩ 鎧 装 鉄 線     |
| ⑤ 錫メッキ軟銅テープ | ⑪ 外 装 ジ ュ ー ト |
| ⑥ 介 在 絨 斗   | ⑫ 接 地 線 導 体   |

第1図 3,000V 3心 (8.0 mm<sup>2</sup> 接地線入) ブチルゴム絶縁二重鉄線鎧装堅坑用ケーブル

エチレン絶縁塩化ビニルシースのものである。両者とも電気的特性にすぐれ、耐候性も良好で軽量であると同時に可撓性に富み、従来の堅坑用電力紙ケーブルの欠点である、油流下、鉛被疲労の心配がないなどの幾多の特長をもっている。

ただポリエチレン絶縁のものは熱可塑性であるため周囲温度の高い場所に用いる場合には電流容量を良く調べる必要がある(周囲温度の高い場所に使用する場合、ブチルゴム絶縁ケーブルの方が無難である)。

これらの新型堅坑ケーブルはいずれも鉱山保安規則に基き型式検定を受けているので使用上問題はない。



- |             |           |
|-------------|-----------|
| ① 導 体       | ⑥ ビニルシース  |
| ② ポリエチレン絶縁体 | ⑦ 紙 テ ー プ |
| ③ 介 在 絨 斗   | ⑧ 鉄 線     |
| ④ ゴム引綿テープ   | ⑨ 絨 斗     |
| ⑤ 遮蔽用銅テープ   |           |

第2図 3,000V 3心堅坑用一重鉄線鎧装ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル

日 立  
Vol. 19 No. 9

目 次

- ◎電化礼讃(冷蔵庫)
- ◎テレビの上手な見方
- ◎日本間と掃除機
- ◎テレビ放送網一覧
- ◎農作物をまもるダスターモートル
- ◎ミシンの常識
- ◎電気のメモ
- ◎新しい照明施設
- ◎ラジオ周波数一覧表
- ◎ショールーム(テレビ)
- ◎明日への道標(昭和電工重水精溜塔)
- ◎日立だより

誌代 1冊 ¥60 (〒16)

発行所 日立評論社  
東京都千代田区丸の内1丁目4番地  
振替口座 東京 71824 番  
取次店 株式会社オーム社書店  
東京都千代田区神田錦町3の1  
振替口座 東京 20018 番

日 立 造 船 技 報

Vol. 18 No. 2

目 次

- ◎隔壁構造の強度
- ◎流電陽極による防食法の研究
- ◎小形艦艇用ウインドラスの軽量化および非磁性化について
- ◎ディーゼル機関のクランク軸の強度に関する研究
- ◎特殊型給排気用通風筒および機動用通風筒の性能に関する研究
- ◎T-2タンカー“スタンバック・シドニー号”の貨物油倉内船殻構造の取替えについて

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

日立造船株式会社技術研究所  
大阪市此花区桜島北之町60