

対 向 鈎 合 型 圧 縮 機

鮎 沢 弘*

Balanced Opposed Type Air Compressors

By Hiroshi Ayuzawa

Kawasaki Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

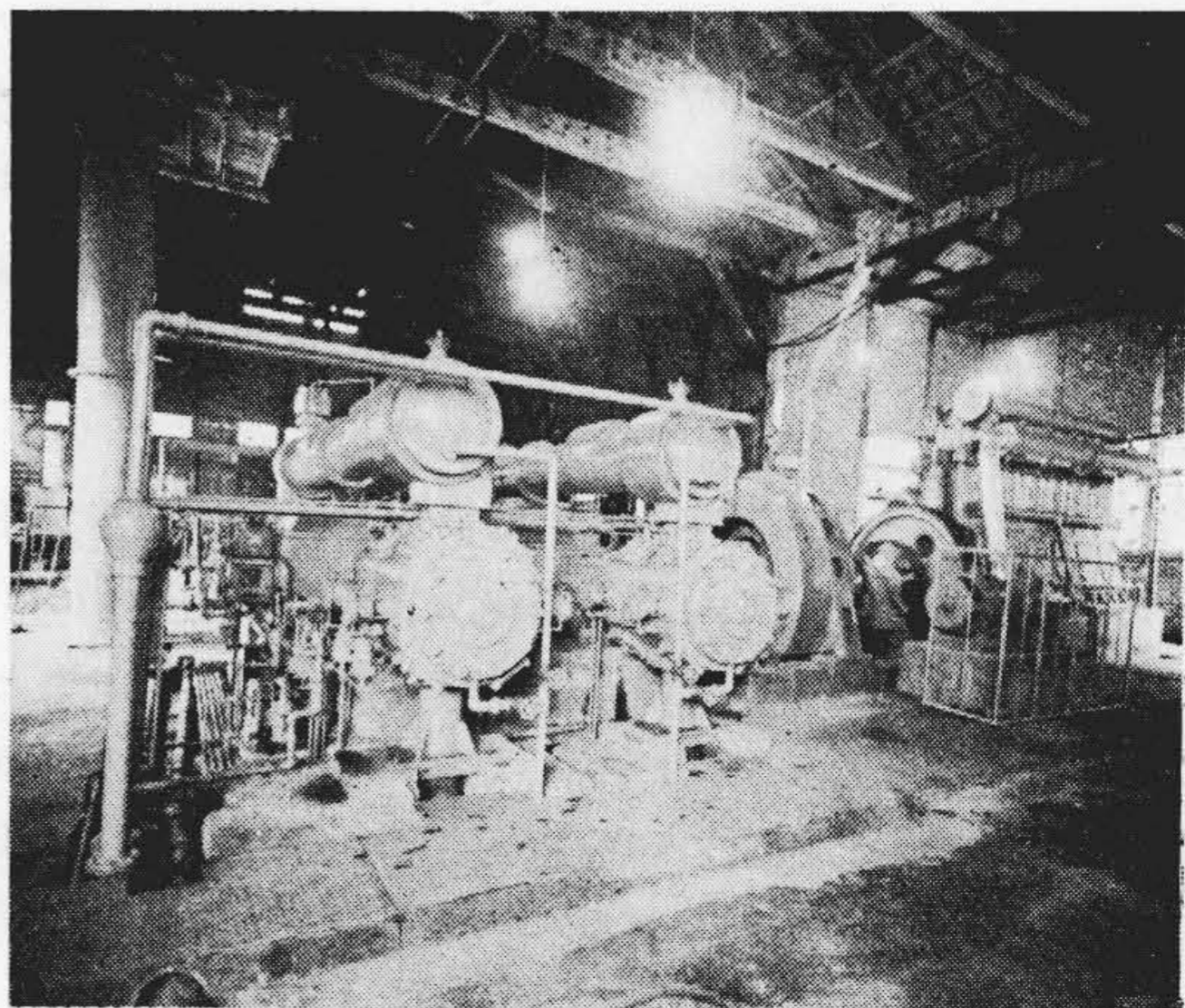
Keeping pace with the development of other industrial machines to be driven with, it has become a strong demand of the time to build a large capacity air compressor in a smallest possible type which makes feasible the higher revolution. As a broad step toward this direction, Hitachi, Ltd. has recently completed 600 HP balanced opposed type reciprocating air compressor on the basis of its rich manufacturing experience in this line and valuable results of unremitting research works. The machine, installed at final location some times ago, is displaying an impeccable performance.

In this type of air compressors, the crank shafts are placed symmetrically, with cylinders arranged in couple on its both sides in two, four, or six rows as the case may require, and on this construction, the force of inertia given by reciprocating and rotary movements of left and right sides is balanced by providing an angle of 180° to a pair of cranks. So the vibration is eliminated even in high speed running, testifying to several advantages and higher efficiencies of this type compared with conventional types. The writer details the particulars of the above 600 HP compressor with general descriptions of its features in comparison with those of conventional type.

〔I〕 緒 言

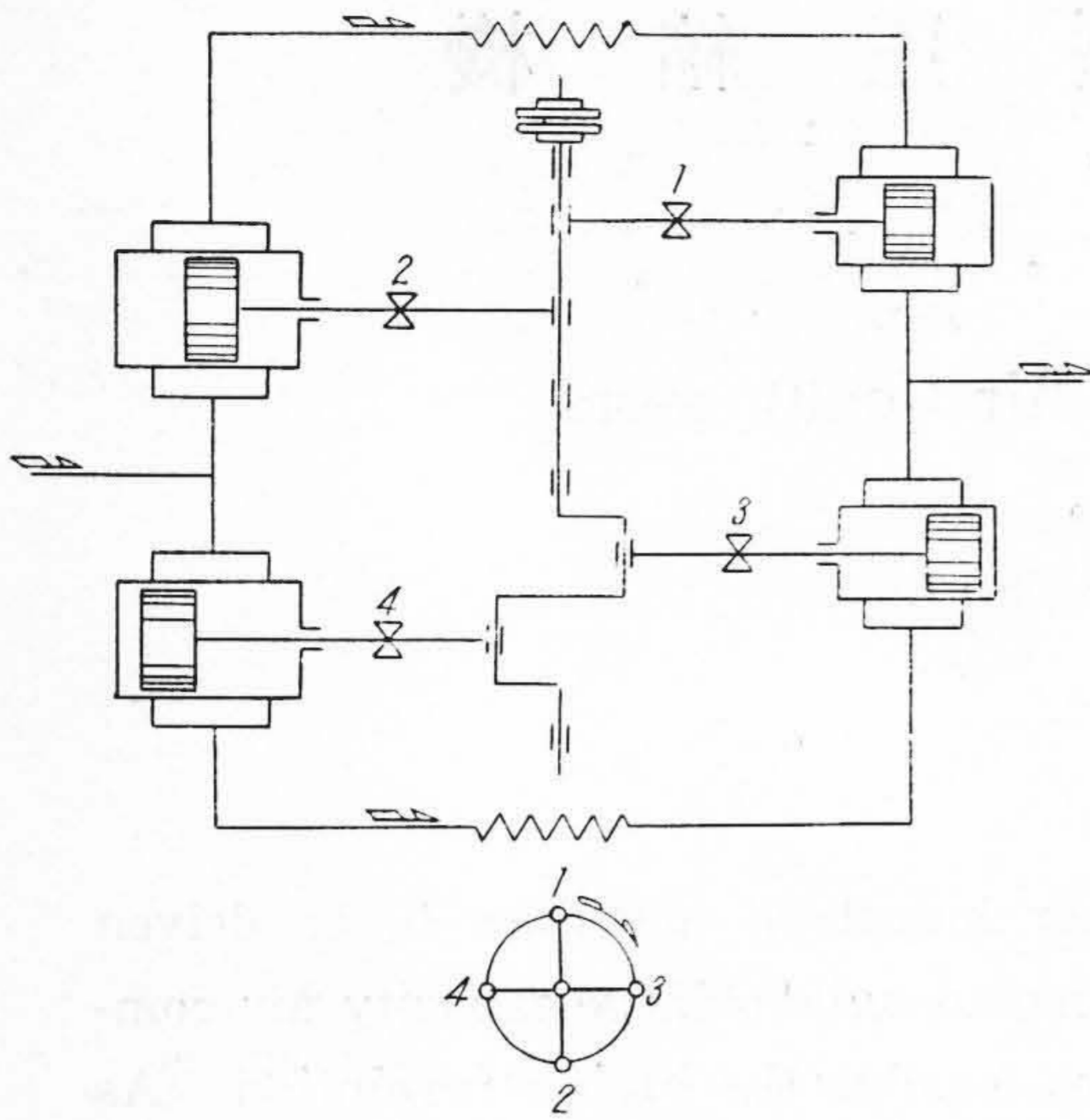
往復動式空気圧縮機に対する在来の基本的底流となつてゐる概念は鋤山，土建用を主とした低速頑強な機械ということであつた。併し近年各種プラントの機械化の進展に伴い設備の総合能率上の面から大容量の圧縮機の要求が漸増し，且つこれに対し高速小型化が強く要望されるに到つた。かくては大容量の低圧圧縮機は将来完全に遠心式或は軸流式圧縮機が往復動式圧縮機にとつて代るべきことは必然の趨勢にはあるが，一方往復動式圧縮機の信頼度と運転保守の平易度とのため需要の大部分が往復動式を希望されるので，これが大容量化と小型高速化とは強く進められねばならぬものとする。日立製作所に於てはこの方向への一進路として，多年に亘る豊富な

* 日立製作所川崎工場



第1図 600 HP BTD₂型 空気圧縮機全装備図

Fig.1. Type BTD₂ Hitachi Air Compressor



第2図 対向釣合型圧縮機系統図
Fig.2. Balanced Opposed Compressor Schematic Diagram

技術的経験と不断の研究の成果とを織り込んで対向釣合型空気圧縮機を新たに製作し、日鉄鋳業株式会社釜石鋳業所に納入してその優秀性を広く認められた。ここにその大要を記すと共に、対向釣合型圧縮機の特長を記し在来型の圧縮機との比較を行つて見たいと思う。

対向釣合型圧縮機は第2図に示す如く、クランク軸々心を対称軸として各シリンダを一对づゝ左右に対向させて配置し、且つ一对のピストンに対するクランク角度を 180° としてこれ等相互の往復動部分の慣性力を打消し釣合わしめる構造のものである。従つて振動が著しく僅小となるので大型圧縮機としても高速運転とすることが安易に出来る。従来製作された大容量の圧縮機は、左右に並置された一对のフレームに各気筒が取付けられ、両フレームに依つて支えられたクランク軸の中央に同期電動機が取付けられた構造のものであり、従つて大容量にすれば気筒径も大となり、往復動部分の慣性力が釣合わないので振動が大きくなり高速運転し得ない欠点があつた。

又気筒の大きさの制限から我国で製作された低圧空気圧縮機では最大のもでも日立製作所製吐出圧力 7kg/cm^2 で800HP程度に過ぎなかつた。併し乍ら対向釣合型とすれば気筒数をその容量に応じて2列、4列、6列と増加することが出来、如上の高速運転と相俟つて、5,000HP程度のも迄製作が可能である。又高圧ガス圧縮機に於ても同様のことがいえる。

本機に使用される同期電動機は停電又は電力不足時に発電機としても使用出来るよう計画されている。

〔II〕 仕 様

空気圧縮機

型 式	.....	BTD ₂ -ICC
気筒直径×気筒数		
低 圧 側	.....	530 mm×2
高 圧 側	.....	330 mm×2
衝 程	.....	350 mm
回 転 数	.....	333 r.p.m.
ピストンシフト	.....	102 m ³ /min
吐 出 圧 力	.....	7 kg/cm ² (g)
吸 入 圧 力	.....	大気圧

原 動 機

(1) 同期電動機 (発電機兼用)

型 式	.....	SBD-RD
		(開放型ペデスタル軸受付)
出 力	.....	450 kW
		(発電機の場合力率100%に於て出力490kVA)
定 格	.....	連続
冷 却 方 式	.....	自己通風
電 圧	.....	3,000 V
周 波 数	.....	50~
極 数	.....	18極
回 転 数	.....	333 r.p.m.
力 率	.....	100%
起 動 方 式	.....	全電圧起動式
励 磁 方 式	.....	電動発電機による(D.C. 110V)

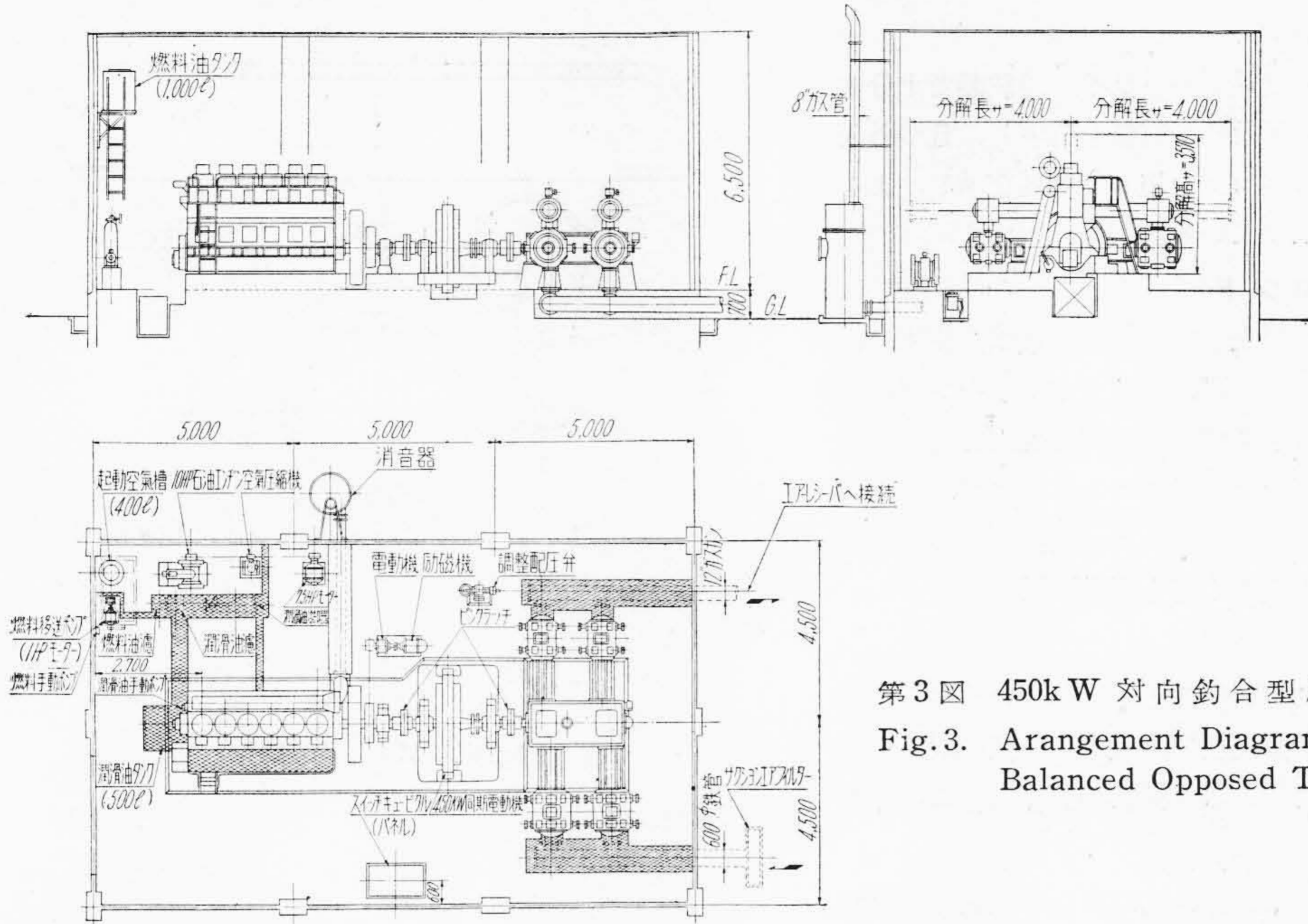
(2) 直流ディーゼル機関 (新潟鉄工所製)

型 式	.....	L6D 堅型単缶4サイクル、 無気直接噴射式、トランクピ ストン型
出 力	.....	650 HP
気 筒 数	.....	6
気 筒 直 径	.....	370 mm
衝 程	.....	520 mm
回 転 数	.....	333 r.p.m.

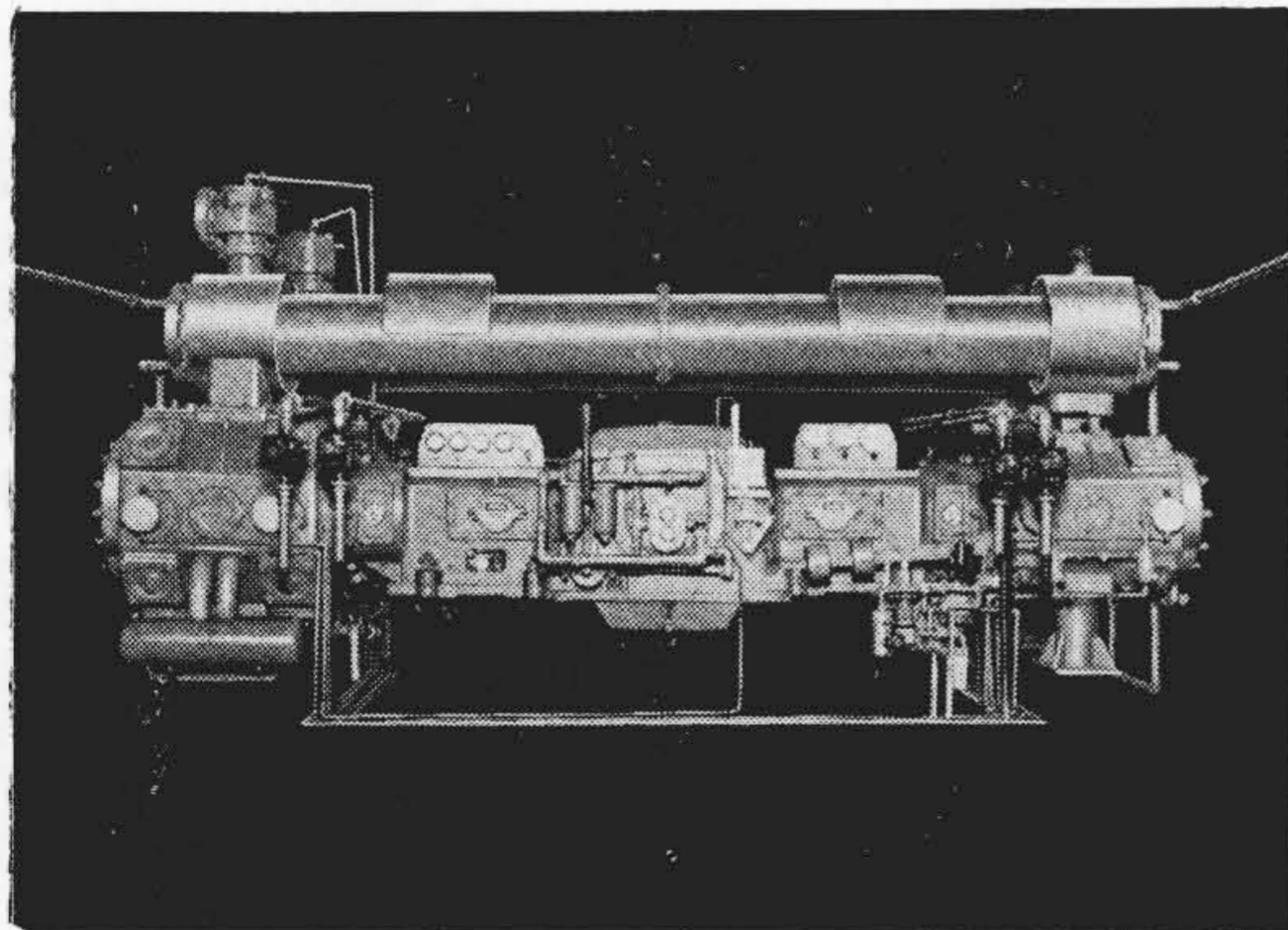
〔III〕 構 造

本機は横型二段往復動式空気圧縮機で、クランク軸々心を対称軸として低圧側、高圧側気筒をそれぞれ左右に配置し、中間冷却器をその上部に跨らせた構造で、圧縮機のクランク軸々端には同期電動機を、更に同期電動機他の軸端にはディーゼル機関を直結して第3図に示す如く圧縮機—同期電動機—ディーゼル機関を串型に配置したものである。

圧縮機と同期電動機間及び同期電動機とディーゼル機関の連結はクラッチで直結されているので、圧縮機の運



第3図 450kW 対向釣合型圧縮機配置図
Fig.3. Arrangement Diagram of 450kW
Balanced Opposed Type Compressor



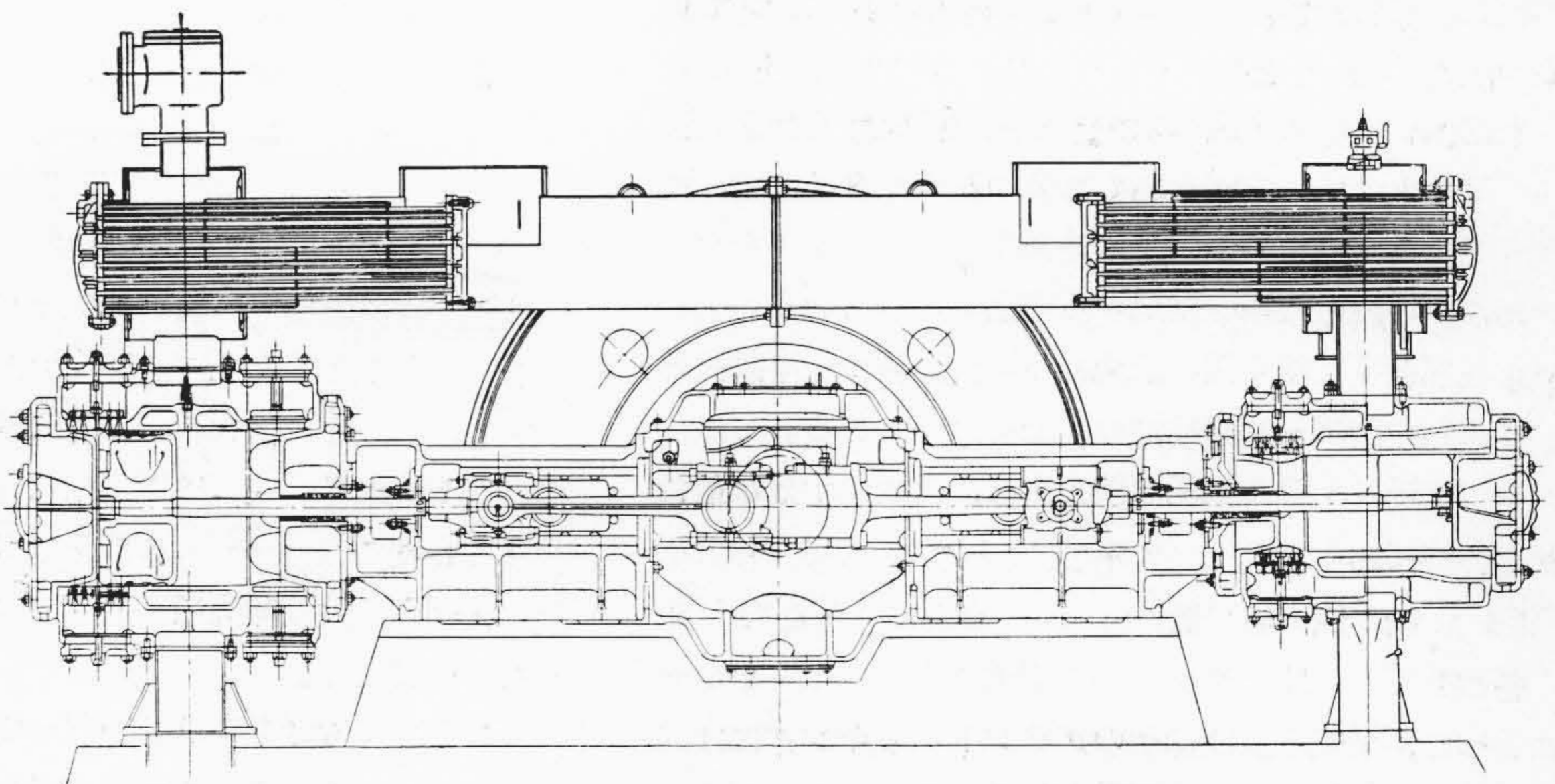
第4図 600 HP BTD₂型 I式 空気圧縮機
Fig.4. 600 HP Type BTD₂ Form I
Compressor

転は必要に応じて同期電動機或いはディーゼル機関によつてなされ、その切換は迅速容易に行われる。又同期電動機を停電又は電力不足時に発電機として使用する場合はディーゼル機関で運転する。なお電力会社線との並行運転も可能なるよう計画されている。

本機は吸入空気管及び吐出空気管の配置の都合上、クランク軸々心の左右に2箇づ、高圧側低圧側気筒を配置し、高圧側気筒と低圧側気筒をそれぞれ1対としているので、この高低圧1対の往復動部分の重量を等しくして振動原因を除去するよう特に考慮が払われている。この他にも本機は高速とするため種々の設計上の考慮が払われているが、以下順を追つてその構造の詳細を述べることにする。第5図にその組立断面を示す。

第5図
450 kW 対向釣合型
圧縮機断面図

Fig.5.
Sectional View of
450 kW Balanced
Opposed Type
Compressor



(1) ピ ス ト ン

高圧側，低圧側共に良質のパーライト鑄鉄製で十分強度を持たせるとともに可及的に重量を軽減し，且つ外周には特殊合金製のライニングを施して磨耗を減じ，よく高速に耐える構造となつている。

(2) ピ ス ト ン ロ ッ ド

抗張力 60 kg/cm^2 以上の精選した炭素鋼を使用し，十分な強度を持たせると共に，グラウンドパッキングに接する部分には耐磨耗性を考慮して高周波焼入を行い研磨仕上後超仕上を行つている。又グラウンドには特殊なグラウンドパッキンを用い，且つオイルポンプによつて強制給油し気密の完全と耐磨耗性の向上を計つている。

(3) 空 気 弁

日立製作所独特の空気緩衝弁を使用しているので，運転間の作動は極めて静粛円滑で漏気少く弁板の耐久力は非常に大である。又可能な限り抵抗が少くなるように設計されているので動力の損失も少くてすむ。

弁板はリング状で強靱な耐久力に富む日立製作所製特殊配合の弁鋼を使用し，適切な熱処理と入念な研磨仕上を施してあり，空気緩衝式の採用と相俟つて長期の連続運転に十分耐えるものである。

(4) ク ロ ス ヘ ッ ド

堅牢な鑄鋼製で上下に十分な受圧面積を有するバビットメタルライニングを施したシューを取付け，耐磨耗性を大ならしめると共に補修の便を考慮してある。又クロスヘッドピンは精選した肌焼鋼製で，裏面には浸炭高周波焼入を行い研磨仕上後超仕上を行つてあるので軸受性能良く耐磨耗性が極めて大である。

(5) 軸 受

主軸受は第6図に示す如く砲金製合金にバビットライニングを施した2つ割セルタイプで，フレームカバーを脱し，メンキャップを取去ることによりクランク軸はその儘として容易に取脱することが出来る構造になつている。

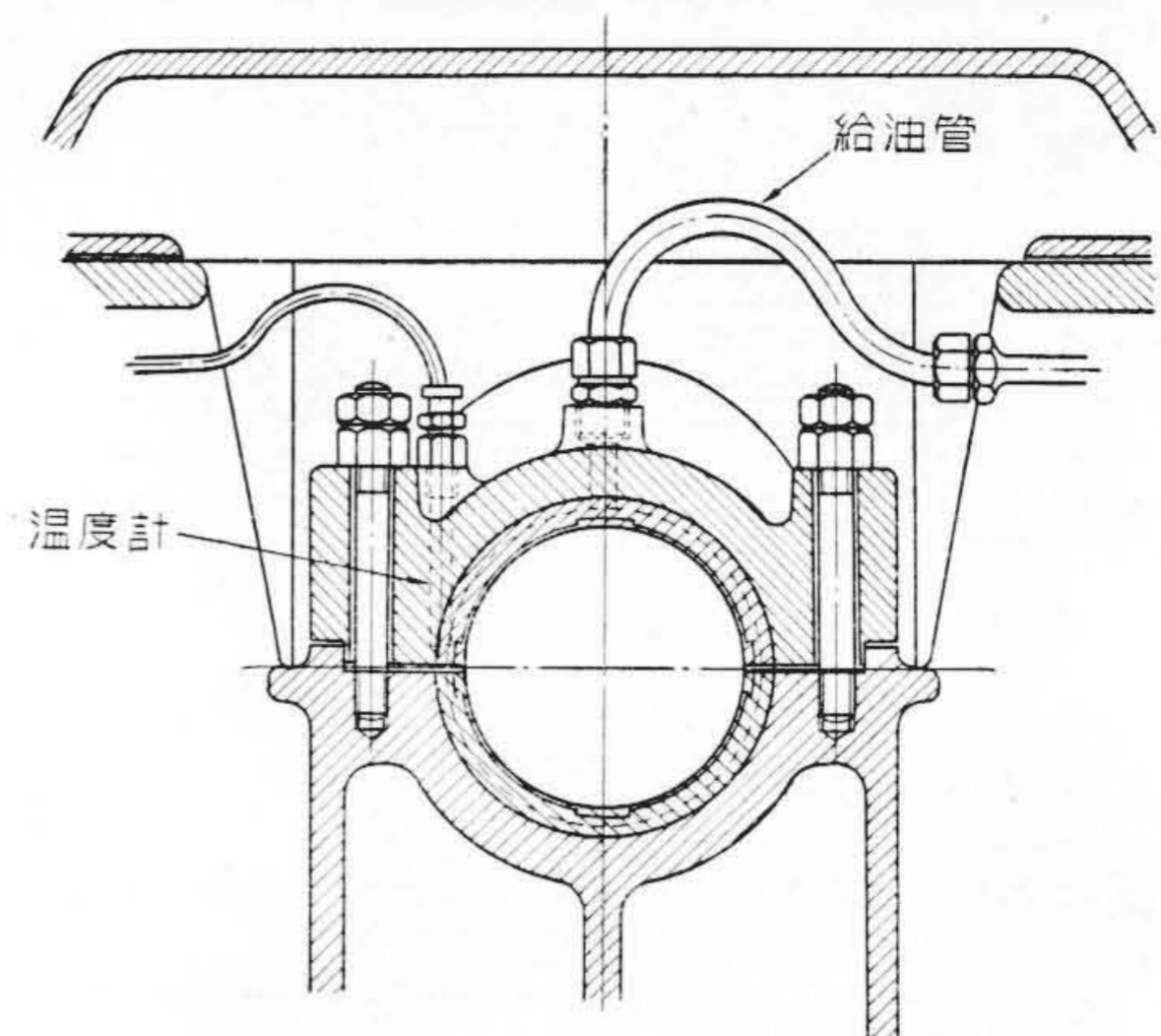
大端部軸受は第7図に示す如く主軸受同様砲金製合金にバビットライニングを施した2つ割セルタイプで，キャップボルト用ナットは特に球面座金を使用してキャップボルトの疲労破損を防止する構造になつている。

小端部軸受は第8図に示す如く磷青銅製で全浮動式として運転の円滑と耐磨耗性の向上を計つてある。

全て軸受は十分な受圧面積を有し，内面は十分な摺合せを行つてある。

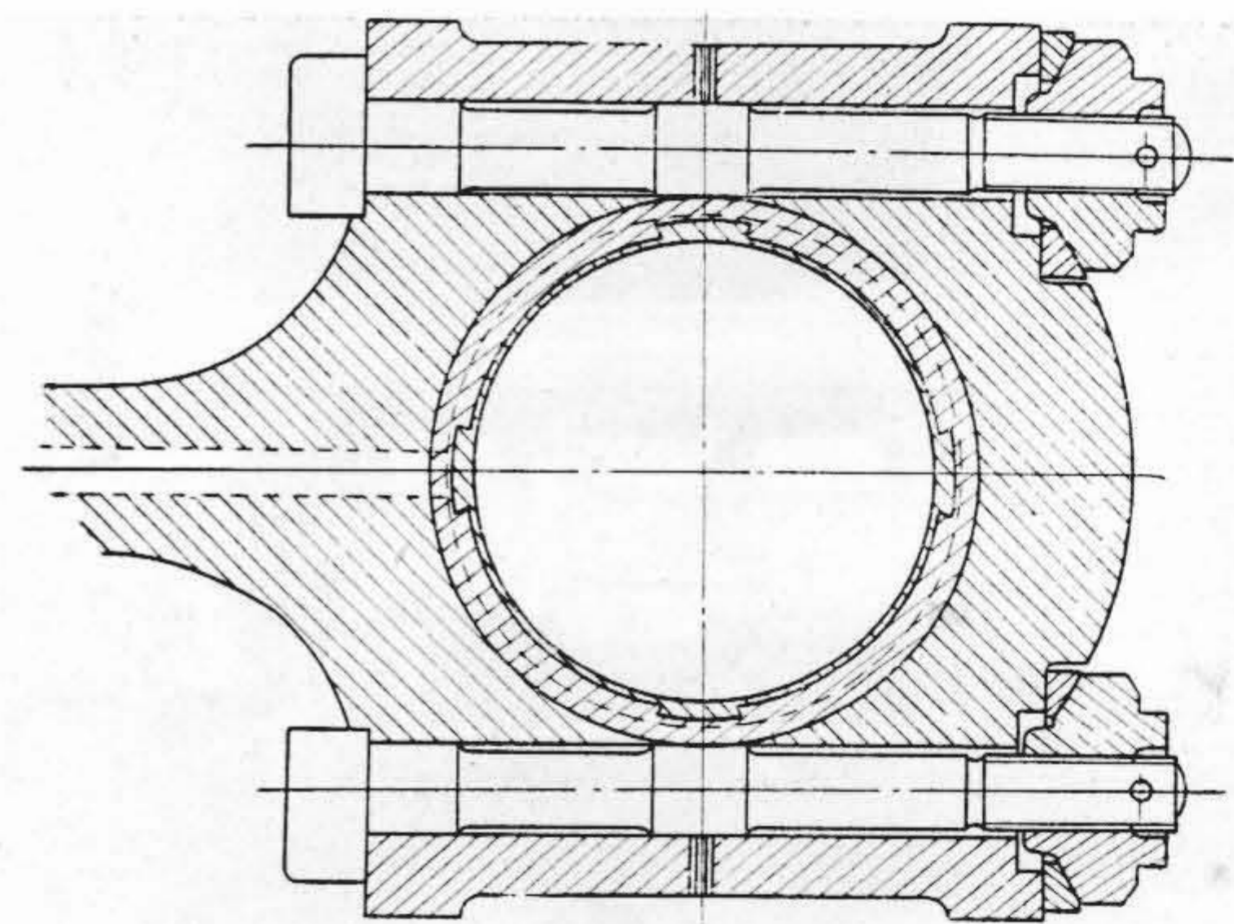
(6) 給 油 装 置

各軸受部分にはクランク軸で駆動されるギヤーポンプによつて，又気筒並びにそのグラウンドパッキングには同じくクランク軸によつて駆動されるプランヂャー型オイ



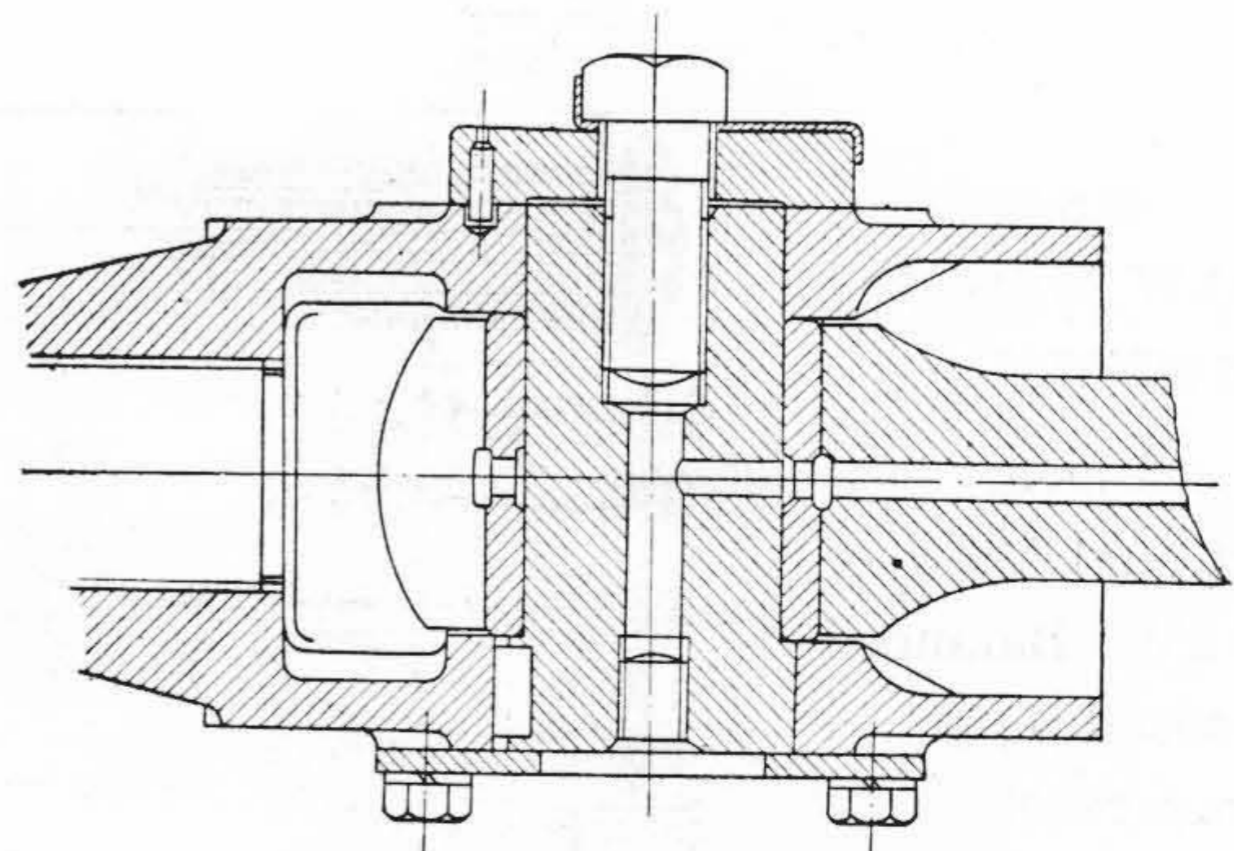
第6図 主 軸 受

Fig. 6. Main Metal



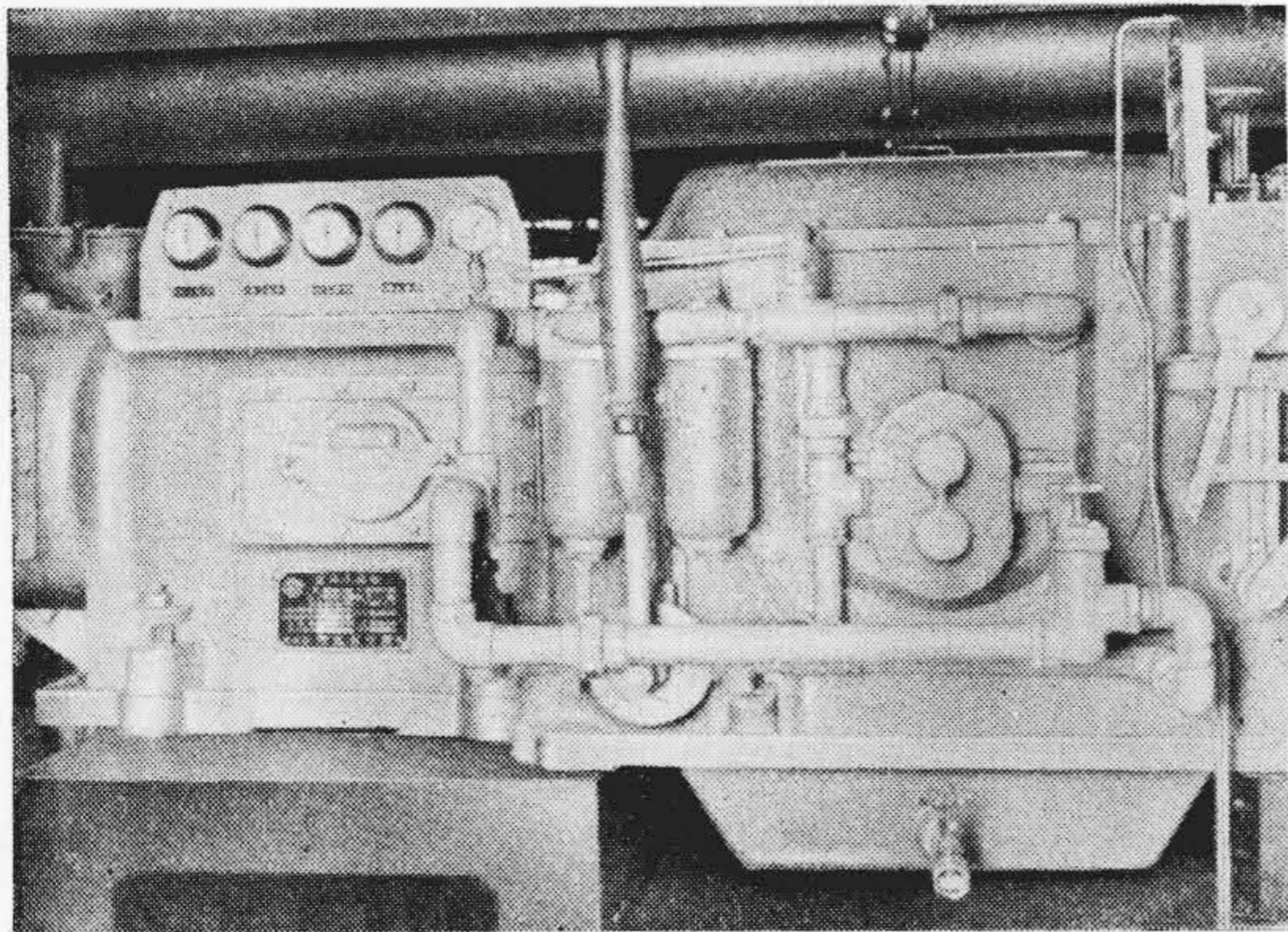
第7図 大 端 部 軸 受

Fig. 7. Large End Metal



第8図 小 端 部 軸 受

Fig. 8. Small End Metal



第9図 給油装置
Fig.9. Lubricating Apparatus

ルポンプによつて強制給油を行い運転の确实安全化を計つてある。

外部潤滑用のギヤポンプには油圧調整弁、油濾過器を取付け又駆動前の給油には手動油ポンプを附属せしめている。外部潤滑のための油導管の使用は極力これを避け、クランク軸、コネクティングロッド等に直接油孔を穿孔して事故防止には万全を期している。

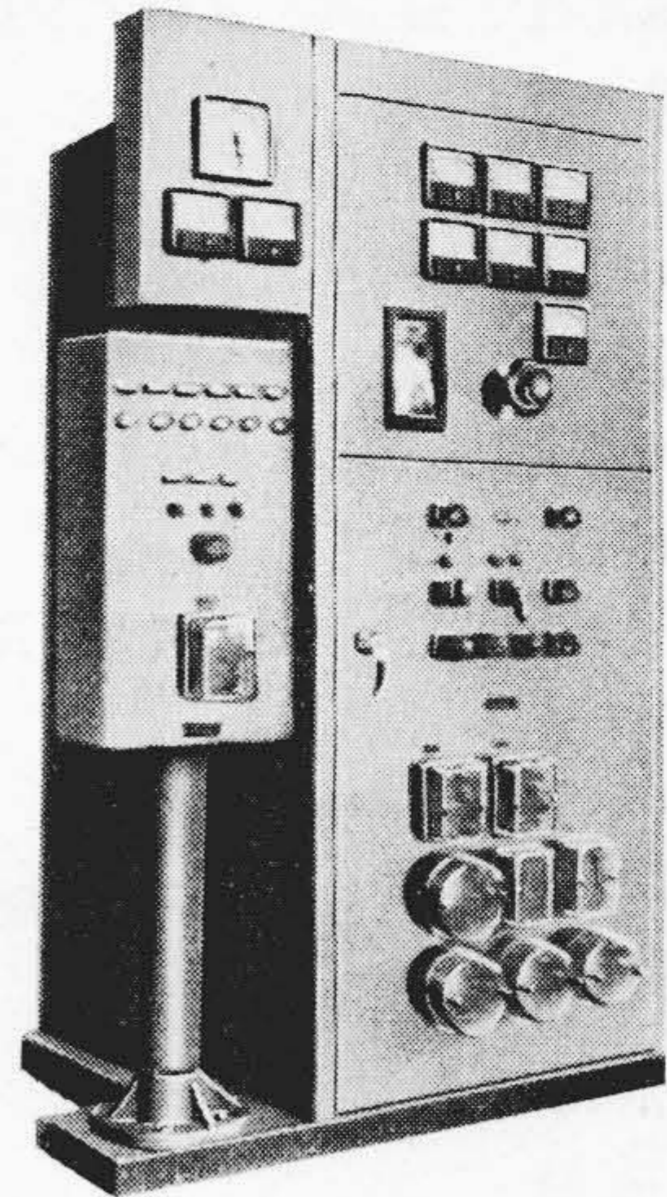
クランク室及びクロスガイドは全て全密閉式としているので油の飛散塵埃の浸入は完全に防止出来る。油槽を兼ねたクランク室の内部には、フィンチューブよりなる油冷却器を有し潤滑油温を適度に保つことが出来る。又内部潤滑用のプランヂャーポンプはその各エレメントに1箇所づゝの押ボタンが附いており、ピストンの作動によつて上下運動をするからピストンの作動状態を外部から容易に知ることが出来、又運転を中止することなく押ボタン下部のスリーブを廻して油量を任意に調整することが出来る。又吸込側吐出側とも二段の逆止弁を備え、吐出の逆圧が変化しても殆ど油量が変らない等の特長を有している。

(7) 負荷軽減装置

負荷軽減装置は間隙容積加減型を採用しているので、対向釣合型であることと相俟つて、アンロード運転中に於ても振動衝撃が少く軸受の磨耗損傷がない等他型式の負荷軽減装置に優る。

[IV] 配電盤

同期電動機用配電盤は第10図に示すようなキュービクルとした。本盤は美しい化粧塗装を施した美装鋼板製キュービクルに必要な計器、継電器、電磁操作式油入遮断器、変成器等を体裁よく取纏め据付、保守並びに点検に便利な構造となつている。袖盤には同期化用計器を取付けている。



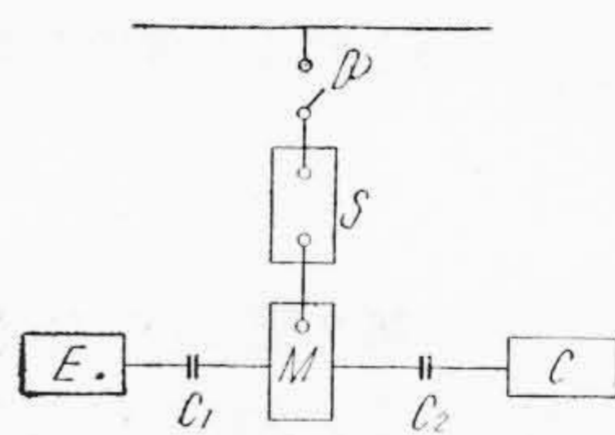
第10図 スイッチキュービクル
Fig.10. Switch Cubicle

[V] 保安装置

本機は前項に述べた通り種々の組合運転を行うため運転開始に当つては次の準備操作を行う。

起動操作誤りによる事故及び運転中の保安を考慮して下記の如きインターロック装置及び保安装置を完備して万全を期している。

(1) 運転準備並びにインターロック



E=ディーゼル機関
M=同期電動機
C=空気圧縮機
D=断路器
S=主スイッチ
C₁, C₂=クラッチ

(A) ディーゼル機関で圧縮機を運転する場合
(同期電動機は圧縮機のフライホイールとして空転する)

- (i) クラッチ C₁, C₂ 入
- (ii) 断路器 D 切
- (iii) エンジン及び圧縮機通水
- (iv) 圧縮機起動負荷軽減装置作動

以上の操作が終了すると起動準備完了の確認ランプが点灯し、エンジンのスターティングハンドルを引けばエンジンは起動する。

(B) ディーゼル機関で発電機を運転する場合

- (i) クラッチ C₁ 入, C₂ 切
- (ii) エンジン冷却水通水
- (iii) 断路器 D 入

以上の操作が完了すると起動準備完了の確認ランプが点灯しエンジンはスタート出来る。

(C) 同期電動機で圧縮機を運転する場合

- (i) クラッチ C_1 切, C_2 入
- (ii) 圧縮機冷却水通水
- (iii) 圧縮機起動負荷軽減装置作動
- (iv) 断路器 D 入

以上の操作が完了すると起動準備完了の確認ランプが点灯し、同期電動機を起動し得る。

(D) ディーゼル機関のみ運転する場合

- (i) クラッチ C_1 切
- (ii) エンジン冷却水通水

以上の操作が完了すれば起動準備完了確認ランプが点灯し、エンジンは起動出来る。

(2) 冷却水用警報装置

(A) 排水確認

冬季寒冷時に運転を停止した場合、気筒或いは中間冷却器冷却水の凍結に基く事故防止のために、冷却水は完全に排水出来るよう設計されている。しかし往々にして排水を怠ることがあるので、特殊排水弁を設け、排水弁を開放した場合はランプが点灯するので排水を確認出来る。

(B) 断水警報器

各冷却水の出口には断水警報器が取付けられており、断水の場合は非常ベルが鳴り警報ランプが点灯する。而してエンジンのハンドルを停止位置に戻すか、或は主スイッチ S を切らなければ警報が鳴り止まないから、断水に依るシリンダー焼損或は空気温度の上昇等の事故を未然に防ぐことが出来る。

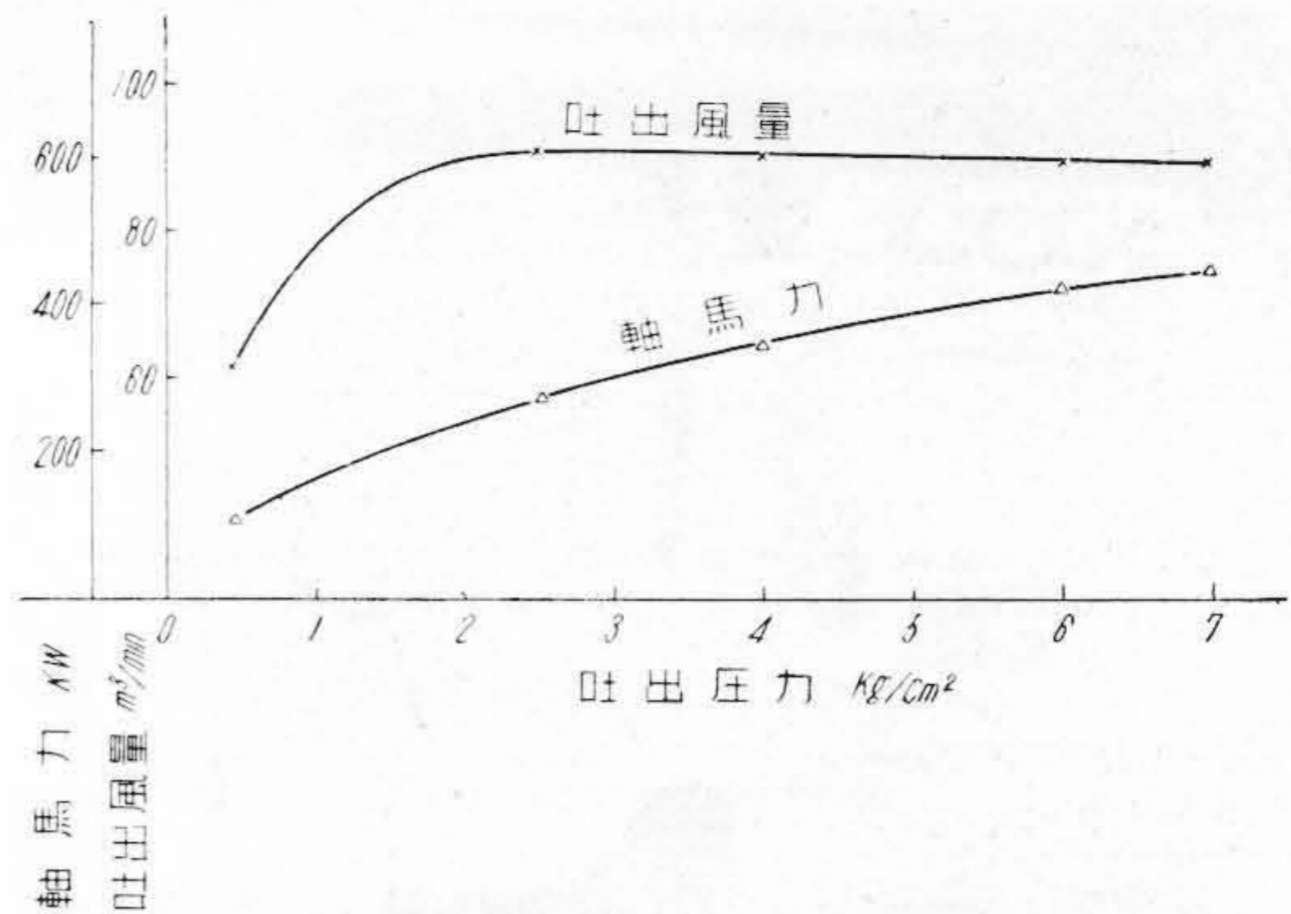
(3) 軸受温度計

各主軸受には指針型温度計を取付け第9図に示す如くクロスガイド上部のパネル上に表示するようにしてあるので常に軸受温度を知ることが出来ると共に、磨耗に対する事故防止の安全弁となっている。

〔VI〕 性 能

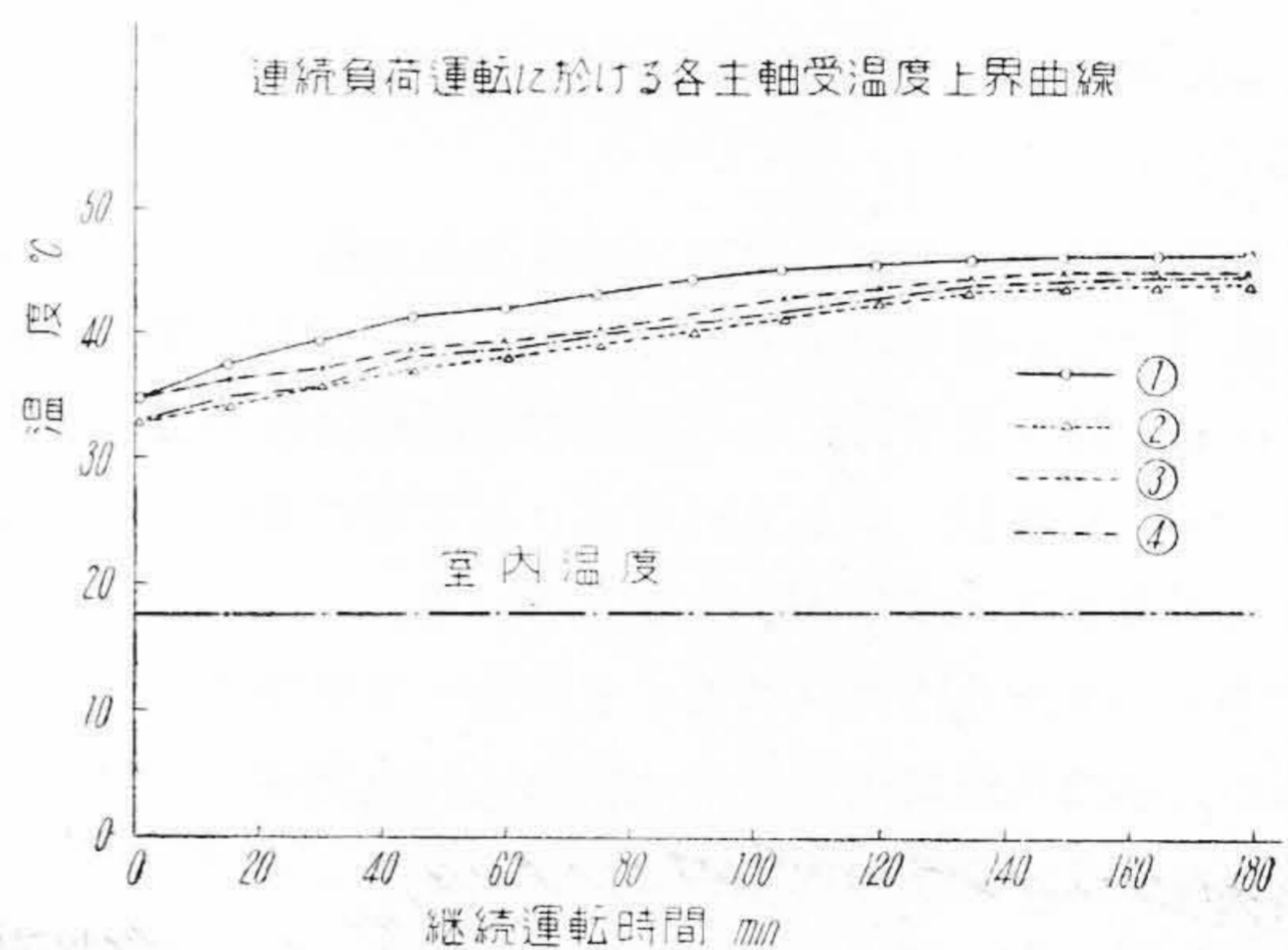
空気圧縮機の性能曲線を第11図に示す。本性能の風量は低圧ノズル法により測定し、軸馬力は電動機の入力を測定して算出したものである。容量の割に高速運転を行っているが、機械効率は従来の日立 HTC 型に比し遜色なく 80~85% に及び整型単缶式より遙かに優れている。又連続運転に於ける主軸受の温度上昇の経過は第12図に示す如くであり、温度上昇が約 30°C であるから十分安全である。

第13図に各負荷に於ける圧縮機のインダクタ線図を示し、第14図にその電流の脈動状況を示す。本図に依り負荷軽減の確実性と運転及び動力消費の平滑性（エネル



第11図 性能曲線

Fig.11. Characteristic Curve



第12図 軸受温度曲線

Fig.12. Curve of Bearing Temperature

ギー変動率) が著しく良好であることが認められる。全負荷時に於ける電流変動率 A_v は僅か 16% である。 A_v は次式で表わされる値である。

$$A_v = \frac{(\text{最大電流}) - (\text{最小電流})}{(\text{平均電流})} \times 100\%$$

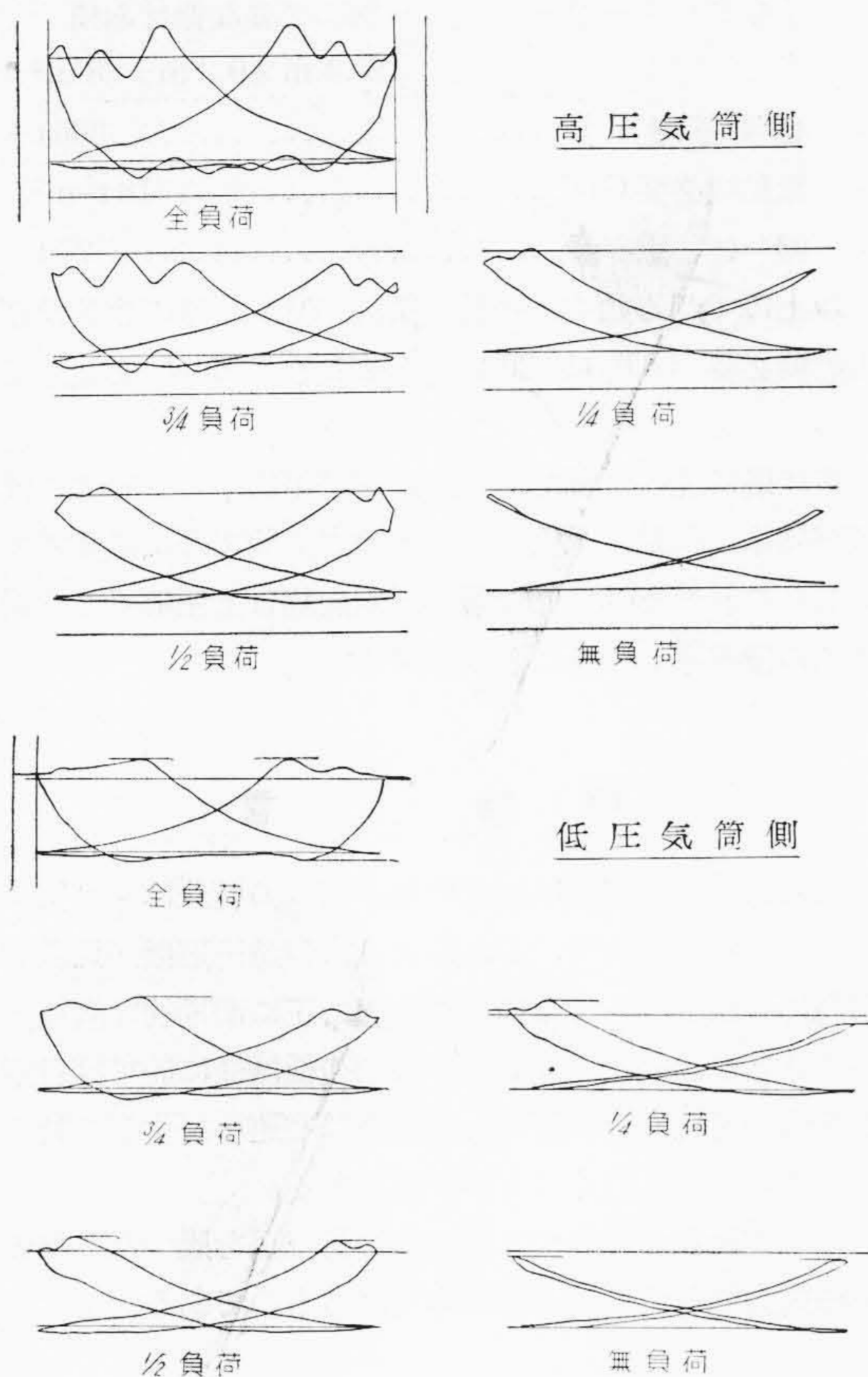
振動に関しては全負荷運転中各部分の振動を手持式振動計に依つて測定し 2/100mm を超える部分はなかつた。この値は従来の圧縮機の約 1/10 程度である。

〔VII〕 対向釣合型圧縮機の特長

対向釣合型圧縮機は以上にて大体知られる如く種々の特長を有しているが、以下一般的にこれ等を取纏めて記すことにする。

(1) 振動がない

気筒配列はクランク軸々心を対称軸として左右1対づゝ配列されているので、1対のクランク角を 180° とし且つその往復運動部分及び回転運動部分の重量を等しく



第13図 インジケータ線図
Fig.13. Indicator Diagram

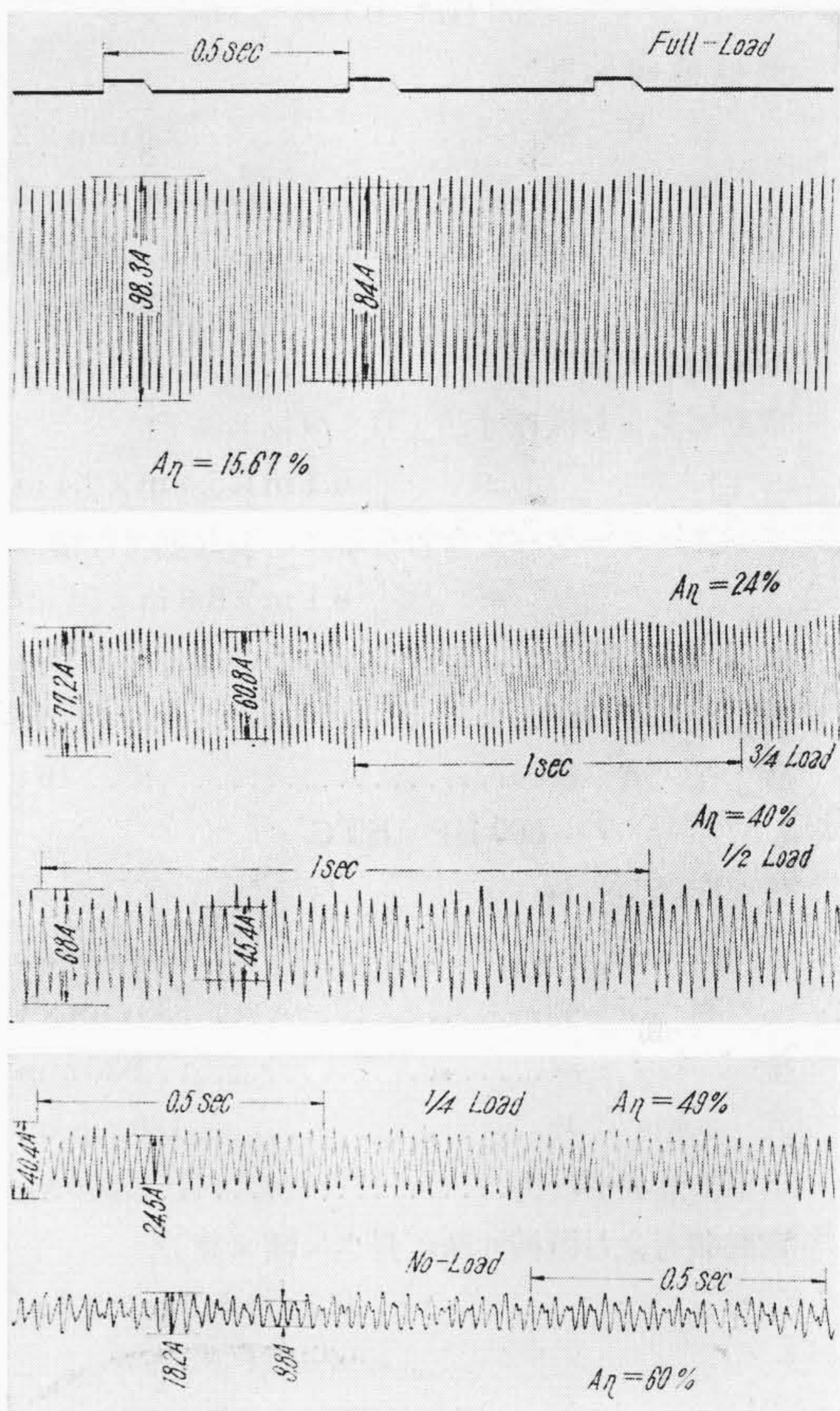
することにより、一次は勿論二次以下の慣性力も釣合わすことができる。それぞれの気筒中心軸線の間隔距離は非常に僅かであるので不釣合モーメントも非常に小となる。従つて振動は殆どない。

(2) 高速に出来る

一般に普通型式の往復動式圧縮機では往復運動部分の慣性力が不平衡力として残り、この不平衡力とこれが方向変化する際に生ずる衝撃力が、基礎の振動を起したり、軸受の磨耗を早める等の事故の原因をなしたが、本型式ではこの不平衡力がないばかりでなく、気筒数を適宜増加することによつて往復運動部分の重量を著しく軽減することが出来るために高速にしても何等の支障がない。

(3) 基礎が小さくてよい

不釣合慣性力がなく僅かの不釣合慣性偶力を残すのみであるため、振動防止のための大なる基礎を必要とせず、基礎重量は在来型のものに比し1/5以下で十分である。従つて基礎工事費も著しく安価となり又将来の基礎の補修の必要もない。



第14図 負荷電流オシログラフ
Fig.14. Oscillograph of Load Current

(4) 電動機が小型となる

機械が高速となるので電動機直結の場合は、電動機の極数が減るばかりでなく、電動機にもたせている圧縮機のフライホイールが非常に小となるため電動機は小型で安価となる。なお気筒数の増加によりエネルギー変動率の減少を計れるから電動機的设计製作が一層容易且つ経済的に出来る。

(5) 保守が楽である

横型で且つ小型であるため機械の何れの部分にも楽に近寄ることが出来、機械の点検保守が非常に楽である。大容量になる程取扱の容易さが重要な問題となつてくるがこの点で本機の如き横型が縦型より遙かに優つている。

〔VIII〕 在来型と対向釣合型との比較

低高圧両気筒を左右に並置し両フレームに依つて支えられたクランク軸の中央に同期電動機及びフライホイールを直結した在来の型 (HTC 型) と対向釣合型 (BTD 型) との仕様の比較を 600 HP のものに就いて行つて見ると次記の如くなる。

600 HP BTD₂

気筒直径×数
 低 圧 側.....530 mm×2
 高 圧 側.....330 mm×2
 衝 程..... 350 mm
 回 転 数..... 333 r.p.m.
 不平衡最大慣性力..... 0
 電動機を含む機械寸法 (長さ×幅×高)

6.1 m×5.4 m×2.4 m

インタークーラーを含む分解に必要な据付面積
 6.1 m×8.8 m=54 m²
 必要基礎重量..... 60 t
 電動機必要 GD²..... 3 t-m²
 機 械 重 量..... 16 t

600 HP HTC

気筒直径×数
 低 圧 側.....840 mm×1
 高 圧 側.....530 mm×1
 衝 程..... 530 mm
 回 転 数..... 180 r.p.m.
 不平衡最大慣性力..... 8,300 kg
 電動機を含む機械寸法 (長さ×幅×高)

6.2 m×5.3 m×3.5 m

インタークーラーを含む分解に必要な据付面積
 8.4 m×9.3 m=78 m²

必要基礎重量.....360 t
 電動機必要 GD²..... 18 t-m²
 機 械 重 量..... 27 t

以上にて判る如く、据付面積は 70%、基礎重量及び電動機必要 GD² は 20%、機械重量は 60% となっている。

更に既に述べた所であるが、堅型単缶型と比較すれば機械効率、振動、取扱の難易等の点に於て遙かに優秀である。これ等を総合して見れば対向釣合型圧縮機こそ近代的の優秀機ということが出来る。

[IX] 結 言

対向釣合型圧縮機は以上の如き種々の特長により実に好ましい機械であり、これにより大容量圧縮機が比較的容易に現出されることになった訳で正に劃期的な機械ということが出来る。而して今後この種機械に於ては各摺動部分の磨耗防止の研究を続け更に高速小型化して斯界の要望に応じて行くことが肝要である。

なお本機製作に当つて積極的な御支援を賜つた日鉄鋳業株式会社各位に厚く御礼申上げるものである。



実用新案 第403466号

古 市 光 之

ホ イ ス ト 制 御 装 置

ホイス ト制御用レバー1は、ホイス ト制御器回転軸2に固着せられ、回転軸2に巻いたばね3によつて水平に復歸することになっているが、種々の原因によつて水平に復歸しない場合がある。本案は上記ばね3の両端部を支持するピン4を偏心軸となし、レバー1が水平に復歸しない場合にこのピンを左又は右に廻すことによつてレバー1を常に水平に復歸できるように調整できるものであつて、正確なホイス ト制御をなし得るものである。

(田 中)

