

株式会社中山製鋼所納 400 kW 酸素ガス圧縮機

400 kW Labyrinth Type Oxygen Gas Compressors for
the Nakayama Steel Works, Ltd.

細野辰熊*
Tatsukuma Hosono

内 容 梗 概

株式会社中山製鋼所船町工場において 2,000 m³/h の日立全低圧式空気分離装置の送酸用圧縮機が、昭和 35 年 1 月より稼動を開始した。本機はラビリンス式オイルフリー圧縮機で、発生する酸素ガス全量を一台にて分離装置より高圧ホルダまで圧送貯蔵するものであり、わが国における記録的な大容量機で、種々の試作研究の結果と高度の設計製作上の技術を加えて完成されたものである。ここにその特長を述べ本機を紹介する。

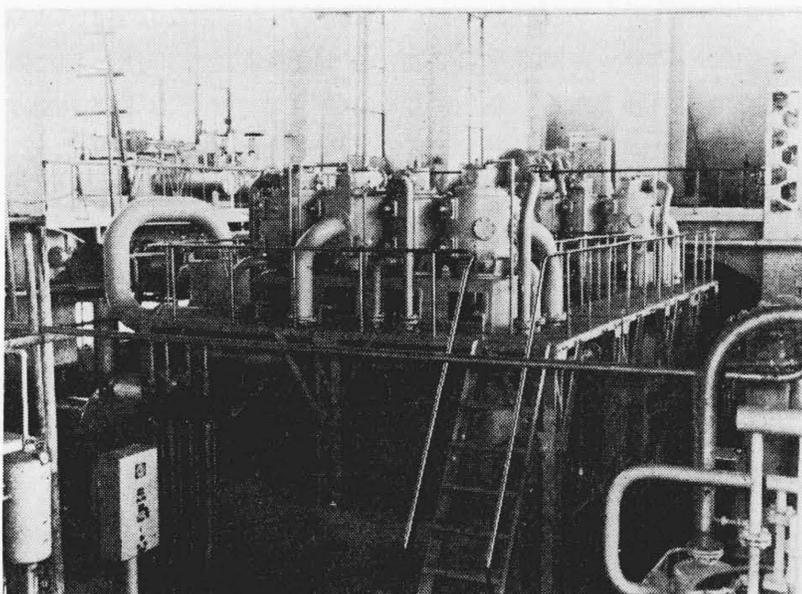
1. 緒 言

製鋼業および化学工業において高純度の酸素ガス、窒素ガスの需要は年々急激な増加をたどっている。これは製鋼業における酸素製鋼用としてあるいは化学工業におけるガスの改質または洗浄用として多量に使用され、製品原価の低減、装置の経済的な構成要素として大きな役割をなすに至ったためである。日立全低圧式空気分離装置は、それぞれの用途に応じた純度のガスを発生する高能率なプラントとして発展してきたが、その圧送装置の主機としてはいくたの利点を有するラビリンス式オイルフリー圧縮機が採用されるに至った。ラビリンス式オイルフリー圧縮機はピストンおよびグランドのもれ防止にラビリンス機構を採用したもので、ガスの純度をそこなうことなく、大容量のガスを効率よく高圧力まで圧縮でき、長期にわたり安定した経済的な運転を行えるものである。

日立製作所においては、早くからラビリンス式圧縮機の試作および基礎研究を進めていたが、昭和 33 年大容量、高圧のラビリンス式オイルフリー圧縮機を試作し圧力 60 kg/cm² までの試験研究を行い、ラビリンス機構のもつ各種の問題点を解明し得た。今回、株式会社中山製鋼所に 2,000 m³/h 空気分離装置とともに酸素ガス圧縮機を製作納入したので、ここに本機の内容を述べる。

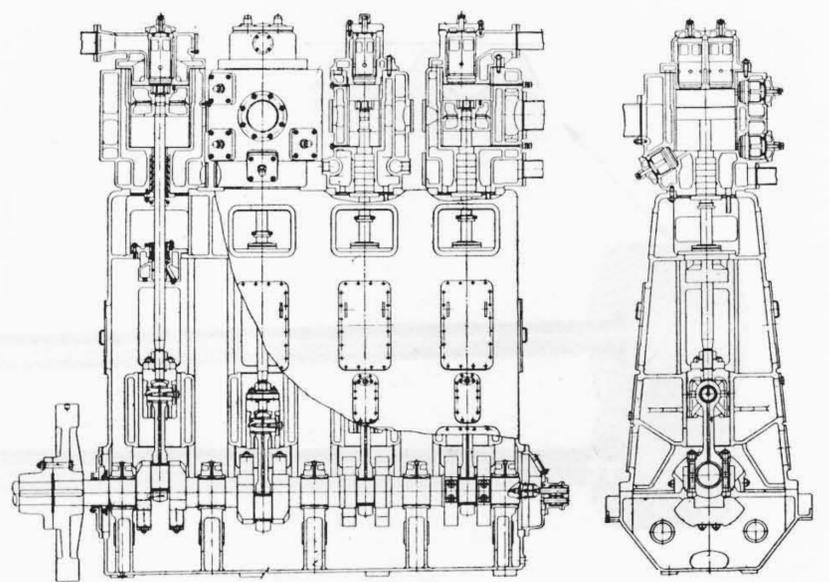
2. 概要および仕様

本機は 2,000 m³/h の酸素ガスを常用 1 台により圧送するもので、圧縮されたガスは高圧ホルダに貯蔵されたのち減圧されて平炉に



第 1 図 400 kW ラビリンス式酸素ガス圧縮機

* 日立製作所川崎工場



第 2 図 400 kW ラビリンス式酸素ガス圧縮機構造図

供給される。株式会社中山製鋼所における稼動状況を第 1 図に示す。

第 2 図は本体の構造図を示し、堅形 3 段復動形 4 気筒の圧縮機で電動機と直結運転される。仕様は下記のとおりである。

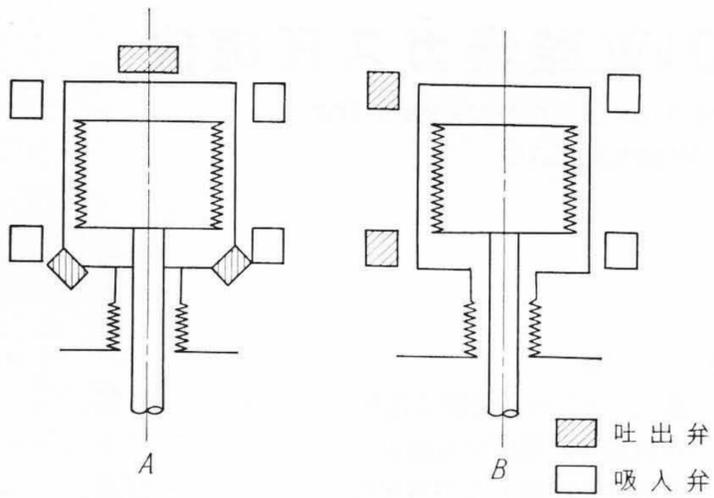
形 式	V 3 C-ICC
シリンダ数	1 段 2 個, 2 段 1 個, 3 段 1 個
回 転 数	585 rpm
容 量	2,000 m ³ /h
吸 入 圧 力	150 mmAq
吐 出 圧 力	30 kg/cm ² g
取 扱 い ガ ス	98% 酸素ガス
電 動 機	400 kW 12 極誘導電動機
台 数	2 台 (内 1 台予備)

3. 特長および構造

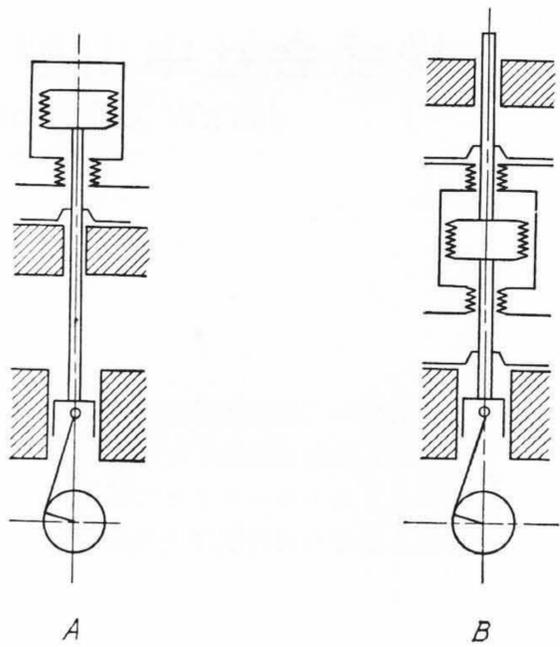
3.1 特 長

乾燥酸素ガスを取扱う圧縮機において、引火、燃焼の防止は最も必要な条件である。したがって本機は特に下記項目を技術的に十分検討の上、設計製作されたもので、ラビリンス式圧縮機の特長たる乾燥ガスの圧送という目的を十分に果すことができる。

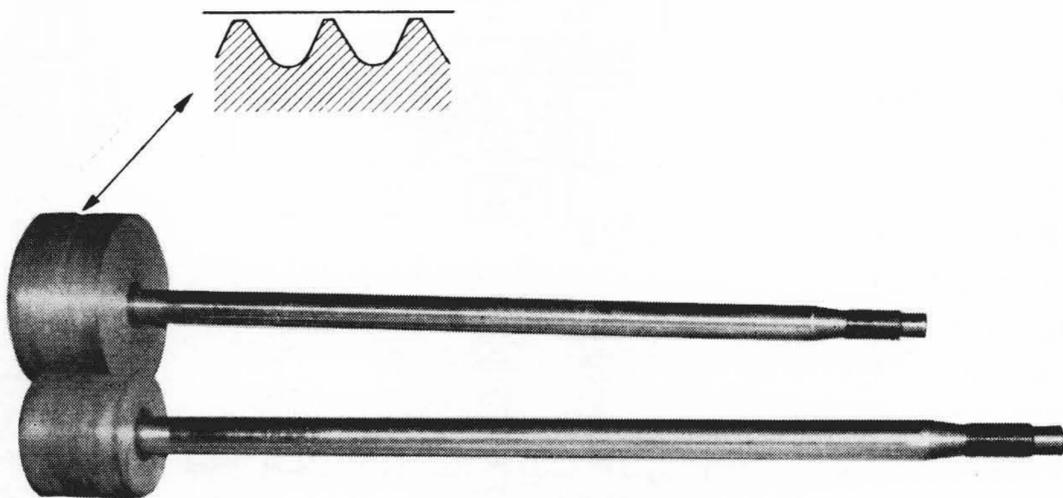
- (1) シリンダの構造ならびに弁の配置は熱変形を防止するよう考慮している。
- (2) ピストンの形状は振動条件を特に考慮している。
- (3) フレームは著しく剛性を増すと同時に、運動部分の釣合いをよくして振動防止に特別の考慮を払い、さらに熱変形も防止す



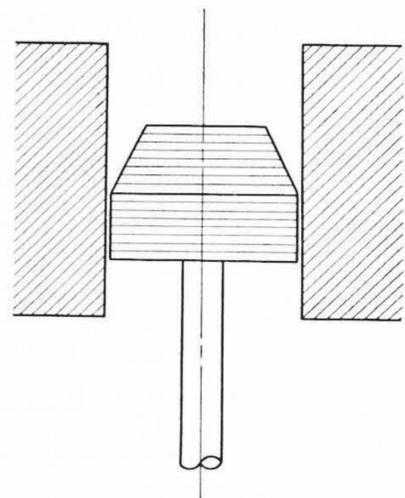
第3図 シリンダの弁配置説明図



第4図 ピストンの保持機構



第5図 ラビリンスピストン



第6図 ピストン外径の形状説明図

るよう考慮している。

- (4) 本体および配管の振動防止が十分である。
- (5) ピストンギャップは以上の諸点に対する十分な設計上の考慮の上に、高精度の機械加工を行っているので適正な保持が容易であり、したがって効率がよい。
- (6) 各部の材料は酸素ガスに対して安定したものを使用している。
- (7) グランドパッキングは調整容易な構造でピストンロッドと最小ギャップを保持できる。
- (8) ピストンロッドの油切りには真空ポンプを併用して潤滑油が絶対にシリンダ内部に、はいらぬよう考慮している。
- (9) 保安機構が完備し、安全な運転ができる。
- (10) 発生酸素ガス量に応じ、過不足なく圧送するよう、自動容量調整装置を付属している。

3.2 構造

3.2.1 シリンダ

シリンダは鋳鉄製で内面には砲金製ライナーがはめ込んである。シリンダの構造は吸入および吐出ガス温度の相異による熱変形を防止するために、吸入弁をシリンダの外周に、吐出弁をシリンダの上部および下部に取付けてある。第3図Aは弁の配置説明図である。これは第3図Bのように従来の弁配置では吐出側のシリンダ室の熱膨脹によりシリンダが変形し、ピストンと一様なギャップを保つことが困難なためである。

3.2.2 ピストンの保持機構

ラビリンス式圧縮機としてピストンの保持機構は第4図に示すとおり二つの方式がある。B方式は上下2点でガイドされるので

ピストンギャップを保つことは容易ではあるが、上部支点給油の油切りを完全に行うことが困難で、万一油がシリンダ内に持込まれることは酸素ガスの場合きわめて危険である。A方式は下部支点片持式で、上部支点給油不要および上部グランド部不要など構造の簡易化が計られるので、本機はこの方式を採用している。ピストンは片持の振動系を成しているもので、その振動状態ではピストンロッド支点間の距離および支点部（中間ガイドとクロスヘッド）のギャップは重要な要素となっている。

3.2.3 フレームの構造

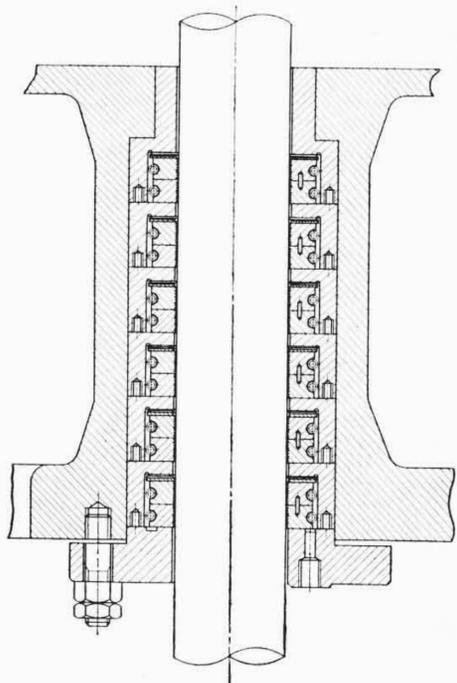
ピストン保持機構の基礎をなしているものはもちろんフレーム各部の剛性であり、振動に対して余裕のある設計がなされている。このためフレームはクランク室、主軸受を組立て一体とした鋳鉄製で全密閉形である。さらに運転中クロスガイドおよび中間ガイドなどのしゅう動部の熱変形を防止するよう冷却水套を設け、高精度の機械加工によってシリンダとフレームとの偏心をなくしている。

3.2.4 ピストン

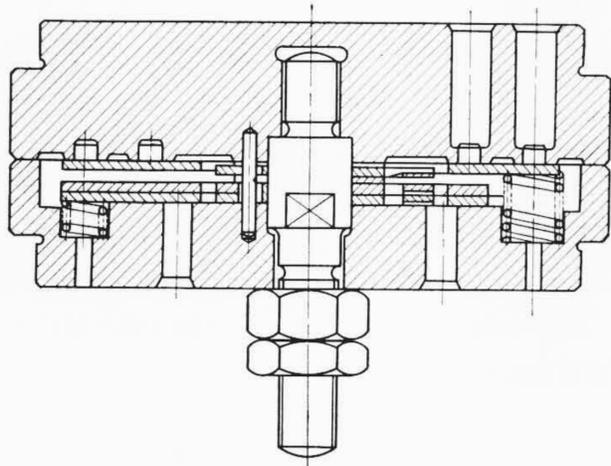
ピストンは銅合金製で外周には第5図のような三角形のラビリンス溝を設けてある。その重量を軽量化し運転中の慣性力を極力少なくし、ピストン形状も第6図に示すとおり、もれおよび振動を考慮してピストンの振れに対して支障のないものとしている。

3.2.5 グランドパッキング

内径にはラビリンス溝を設けたカーボンを数組使用し、第7図のようにスラストバネを入れて調整容易な組合せとし、ピストンロッドとパッキン内径のギャップを最小にしかも同心に保てるよ



第7図 グランドパッキングの構造図



第8図 弁の構造図

うにしている。

3.2.6 吸入および吐出弁

吸入および吐出弁は第8図のようにガイドのない一枚板の自動弁を使用し、そのクッション用の板バネの作用と相まって摩擦および破損を防止している。この弁は弁板自身のバネ作用を利用しているため、十分な柔軟性と強度を確保するように設計されている。

3.2.7 給油装置

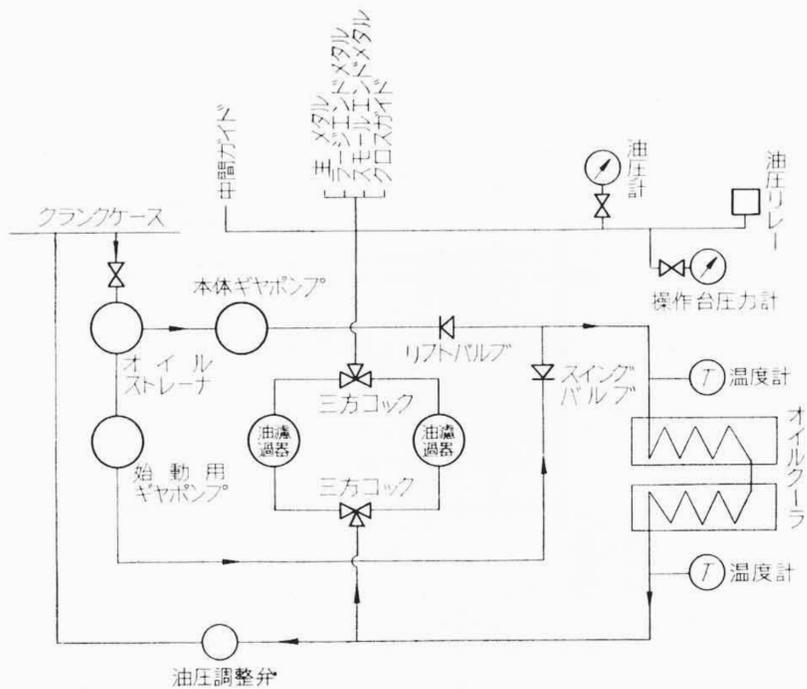
第9図は本機の給油系統図であり、主軸受をはじめ各軸受およびフレーム内のしゅう動部分には付属のギヤポンプにより強制給油を行い、吐出側に設けられた油圧リレーとともに運転の安全確保を計っている。

3.2.8 冷却装置

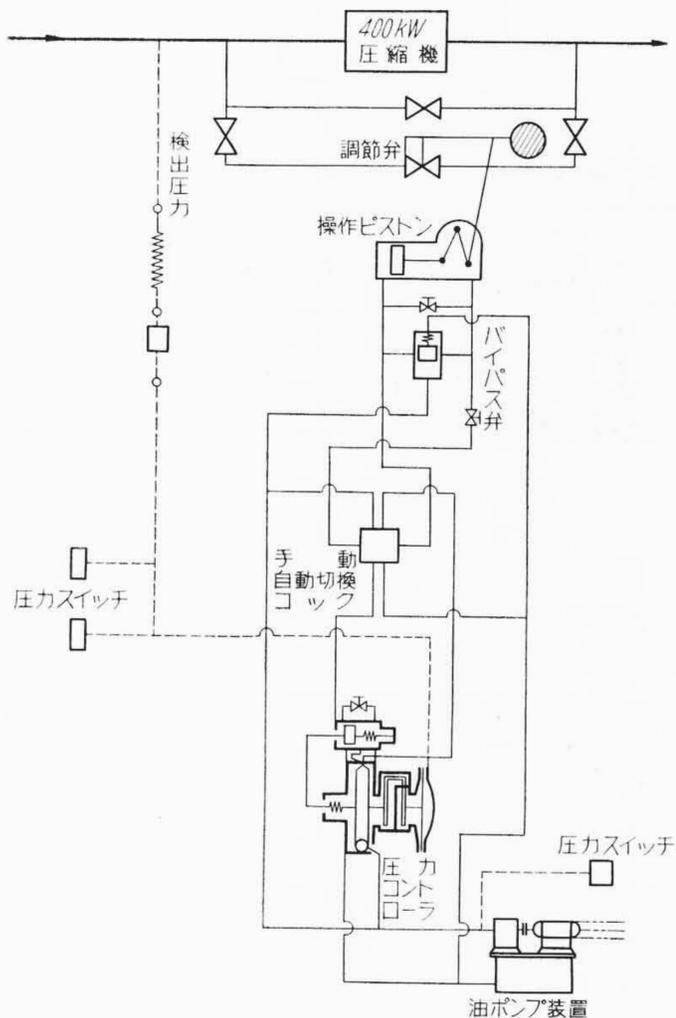
冷却器は、1段および2段を縦形管束式とし、3段を巻管式としてある。シリンダの冷却水系統には断水リレーを設け、また起動停止時の冷却水によるシリンダの急激な熱変形を防止するため、電磁弁により給排水を自動的に行う。

3.2.9 容量調整装置

圧縮機としては空気分離装置より発生する酸素量の変動に応じて、分離器内圧力を変動せしめることなく、しかも最も少ない動力で、ガスを圧送できるよう容量調整を行う必要がある。本機は第10図のように、アスカニヤ油圧式圧力自動制御装置によって自動容量調整を行っている。これは発生酸素ガス量に応じて圧縮機吸入側の圧力が変動するので、これを検出し、その圧力を絶えず一定に保つよう自動的に調節弁を開閉するものである。



第9図 給油系統図



第10図 自動容量調整装置図

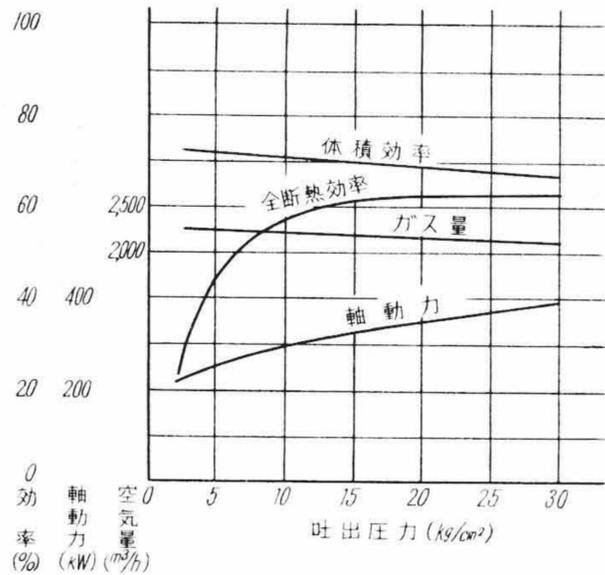
4. 保安装置

本機は次のように保安装置を完備し運転の安全を計っている。

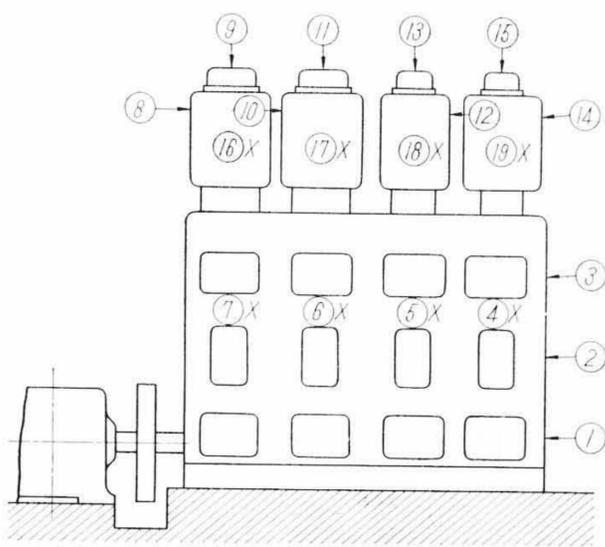
4.1 起動時のインターロック

下記動作が完了しなければ主電動機が起動しない。

- (1) 外部潤滑油が規定圧力まで上昇(油圧リレーにより検出)
- (2) シリンダ冷却水通水(各段シリンダ冷却水管付属の断水リレーにより検出)
- (3) 各段バイパス弁開放(バイパス弁付属のリミットスイッチにより検出)
- (4) 吸入主弁開放(吸入主弁付属のリミットスイッチにより検出)
- (5) 真空ポンプが規定の真空度にあること(真空リレーにより検出)



第11図 性能曲線



第12図 振動測定箇所

第1表 振動測定値

測定箇所	振幅 (μ)	測定箇所	振幅 (μ)
①	4.8	⑪	8
②	7.2	⑫	23
③	23	⑬	14
④	5.5	⑭	29
⑤	8.3	⑮	14
⑥	12.5	⑯	28
⑦	14.0	⑰	22
⑧	32	⑱	16
⑨	15		17
⑩	20		

(8) 主電動機停止とともに冷却水自動停止(電磁弁による)

5. 性能

第11図は本機の性能試験結果を示す。ラビリンス式圧縮機の性能は、ピストン外周およびグランドパッキングよりもれるガスの損失、吸入および吐出弁の作動時における流体抵抗損失およびその作動不良に基づく損失によりほぼ決定される。ラビリンス部よりもれるガス量はほとんどそのギャップの大きさにより決まってくるもので、他の因子の影響は高速機では比較的少ない。本機は前述のような種々の方策により安定した最小ギャップを保ちうるのもれはきわめて少なく、効率に最もよく反映している。

圧縮機の長期にわたる運転継続には、本機のように高速回転を行っているもので、また特にピストンの正常ギャップ保持を課せられているものにとって、各部の振動状態はきわめて重要な意味をもっているが、本機の運転状態における記録は第1表に示したとおりで、きわめて良好な運転が行われていることがわかる。

6. 結 言

ラビリンス式酸素ガス圧縮機としては記録的な大容量機であったが、試作研究および実用試験結果を十分に生かし、優秀な成績をもって完成することができた。これはシリンダの熱変形防止に特に意を用いたのはじめとしていくたの特長ある構造の組合わせと高精度の加工技術とにより、ピストンギャップを正しく最小に保たしめることができたので、効率の上からも、また安全な連続運転をする上からもきわめてよい結果をうることができたものである。

空気分離装置は今後ますます大形化の傾向にあり、送酸機の容量増大もまた必然の傾向である。その意味から本機の完成は有意義である。われわれは今後とも送酸システムの主機として高能率経済的な圧縮機を製作するだけでなく、さらに保守管理の簡易化と信頼性の向上に一段の努力を続けて行きたい。

終りに本機の設計製作にあたり、ご指導とご協力を賜わった株式会社中山製鋼所の関係各位に厚く感謝の意を表する。

(6) 容量調整装置用油圧が規定圧力まで上昇(付属の油圧リレーにより検出)

4.2 運転中の保護装置

運転中の非常停止用保護装置を完備していて、次のような場合には主電動機を停止し、かつ警報を発する。

- (1) 外部潤滑油が規定圧力以下に低下した場合
- (2) シリンダ冷却水が断水の場合
- (3) 吐出ガス温度が異常上昇の場合
- (4) 吐出ガス圧力が異常上昇の場合
- (5) 軸受温度が異常上昇の場合
- (6) 容量調整装置用油圧が異常低下の場合
- (7) 真空ポンプの真空度が規定より上昇または低下した場合(ただしこれは警報のみ)

Vol. 22 日立 No. 6

◎食わず嫌い.....高橋圭三
 ◎東北本線の電化
 ◎ポリビアの高原を走る日立機関車
 ◎屋外リンクも完成した箱根スケートセンター
 ◎明日への道標(東洋一のマンモス変圧器)
 ◎日立だよ
 ◎むし暑さよさようなら
 ◎ポリエチレンは人気者
 ◎新しい照明施設
 ◎鋼板用日立熔接機

発行所 日立評論社
 東京都千代田丸の内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

Vol. 21 日立造船技報 No. 1

◎かじ性能に及ぼす船体伴流および船尾プロペラの影響について —かじの流体力学的研究(その5)—
 ◎木製構造の設計資料作成について —木船甲板の有効性について—
 ◎船室防火壁材料の強度および防火性の研究
 ◎水中燃焼バーナによる塩化カリ回収装置
 ◎パルプ製造装置における放射線応用計測について
 ◎日立 B&W 可変ピッチプロペラの性能調査

本誌につきましてのご照会は下記発行所へ
 お願いいたします。

日立造船株式会社技術研究所
 大阪市此花区桜島北之町