

1757 磁性流体を利用したガス圧縮機

(第5報, 磁性流体-空気導入部の改良)

A gas compressor using magnetic fluid
(5th report, Improvement in magnetic fluid-air introduction system)

○正 佐田富 道雄 (熊本大) 井伊 秀樹 (熊本大院)
学 横川 健作 (熊本大院)

Michio SADATOMI, Hideki Ii, Kensaku YOKOKAWA
Kumamoto University, Kurokami 2-39-1, Kumamoto City, 860-8555

In order to improve the performance of the gas compressor using magnetic fluid, which was developed originally by Sato and Sadatomi (1993), an introduction system of the magnetic fluid and air have been changed and tested. As a result of the test, the discharge pressure and the discharge rate of the revised compressor remarkably increased from the former one. In the present paper, the modified introduction system and the test results are briefly described.

Key Words : Gas compressor, Magnetic fluid, Traveling magnetism, Discharge pressure, Discharge rate

1. 緒言 磁性流体 (以下 MF と略す) は強磁性と流動性を併せ持つ流体である⁽¹⁾. 佐藤ら⁽²⁾はこのような MF とリニアモータを利用したガス圧縮機を考案した (Fig. 1). この圧縮機では, 流路内の MF スラグが容積式圧縮機のピストンの役割を果たし, MF スラグ間に吸入された気体は移送・圧縮される. 特徴は, 機械的な運動部分がないため振動や騒音を生じないこと, および単純な圧縮部構造のために材料に制限がなく気密性に優れているので腐食性を持つ気体などへの適用が可能なことである. これまでに吐出流量・圧力の向上を目指して改良が行われ, 現在コイル状流路と永久磁石式ロータを持つ装置を用いた研究を行っている⁽³⁾. 本報では文献⁽³⁾に発表後の改良内容と性能試験の結果を紹介する.

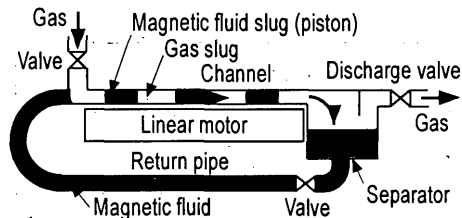


Fig. 1 Prototype of a gas compressor using magnetic fluid (Ref. 2)

2. 実験 2.1 装置概要と改良点 本装置 (Fig. 2) の特徴は次の通りである.

(1) 小型化のために直線流路の代わりにコイル状流路を採用した. 流路は内径 $d = 8 \text{ mm}$ のナイロンチューブ (耐圧 800 kPa) であった. コイル状流路のピッチ円直径 D と段数はそれぞれ 353 mm と 17 段であり, 流路の全長 L は約 18.85 m であった.

(2) 流路に沿って回転する強力な磁場を発生させるため, ロータの側面に周方向に 24 個の強力な永久磁石 NEOMAX-40 を埋め込み, コイル状流路の外側のステータコイルが発生する回転磁場によってロータを回転させた.

(3) MF は, 液位を一定に制御した上部入口タンクから MF チョップパへ導入された. チョップパは MF の供給を制御するソレノイドバルブと空気導入用の T 字管とからなる. その後, MF はチョップパ下方の調整タンクに入り, 移動磁場によって MF スラグとして流路内へ流入した. 一方, 空気は, 前述の MF スラグの後方に発生する負圧により自動的に MF スラグ間に吸入された. なお, 流路を流下し, セパレータで分離さ

れた MF はセパレータの内圧によって入口タンクへと戻る.

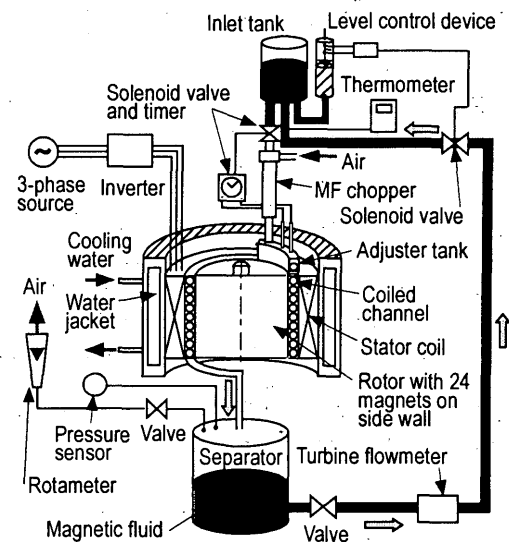


Fig. 2 Apparatus in the present test

前報⁽³⁾以降の改良点は, ロータ側面の磁石の上に数個おきに付加的な永久磁石を増設して, 上述の調整タンクを外側のステータコイルとの間に設置した点である (Fig. 3). これにより, 流路に MF をより切れよく供給できるようになった.

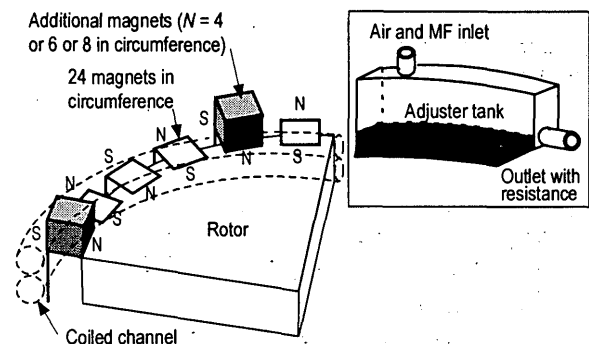


Fig. 3 Additional magnets and adjuster tank introduced in the present revision

2. 2 実験条件および測定 実験条件を Table 1 に示す. インバータ周波数 f (ロータの回転速度は $U = \pi D f/12$) を 10Hz まで変えた. 調整タンク出口の抵抗の内径 d_R と長さ l , 増設磁石個数 N , および流量測定時にはセパレータ内圧も変えた. なお, MF には飽和磁化 $M_s = 0.031 \text{ T}$ の W-40 を用いた.

インバータ周波数 f Hz	2 - 10
抵抗径 d_R mm	2.5, 3.0, 3.5, 4.0
抵抗長さ l mm	10, 20
増設磁石個数 N 個	4, 6, 8
流量測定時のセパレータ内圧 P_s kPa	100, 200, 300

性能試験では, 次の二種類の測定を行った.
 (1) 最高締切圧 Fig. 2 のセパレータとロータメータの間にある空気排出バルブを閉じた状態で運転し, 流路内の MF スラグ破断によって圧力が急降下する時のセパレータ内ゲージ圧を圧力変換器 (精度 $\pm 3 \text{ kPa}$) で測定した.
 (2) 空気・MF の吐出流量 $Q_G \cdot Q_{MF}$ 空気排出バルブの開度を調節して, 分離タンク内圧 P_s を所定の値 (規定圧力の $\pm 1 \text{ kPa}$ 以内) に保持した状態で運転し, それぞれロータメータとタービン流量計で Q_G と Q_{MF} を測定した. さらに, 等温空気をパワーメータで測った電力で除して効率を求めた.

3. 結果及び考察

3.1 最高締切圧 最高締切圧は次式で与えられる MF スラグに作用する磁気力 F_m に依存する.

$$F_m = A \mu_0 \int_{H_2}^{H_1} M dH \quad (1)$$

ここで, A は MF スラグ断面積, μ_0 は真空の透磁率, M は MF の磁化, H は磁場強さ (本装置における磁束密度の測定例を Fig. 4 に示す), 添え字の 1, 2 は Fig. 5 における MF スラグの前面と後面を表わす. 磁場の左半分に MF が存在する (a) の場合に磁気力が最大となるので, MF はこのような状態になるように導入することが望ましい. (b), (c) のように MF の供給量が少な過ぎたり, 多過ぎたりすると, 有効な磁気力は低下し, 最高締切圧は下がる.

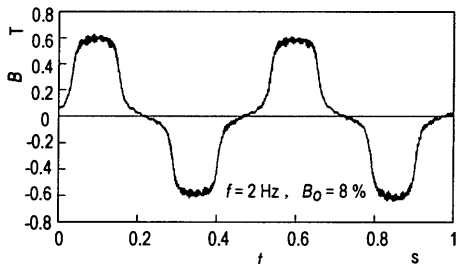


Fig. 4 Example of magnetic density measurements (B_0 : the boost of inverter)

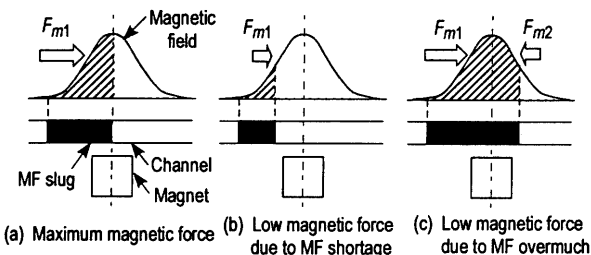


Fig. 5 Relation between MF slug length and magnetic force

まず, 抵抗の穴径と長さの影響を調べた. その結果, 周波数が 4 Hz 以下では $d_R = 2.5 \text{ mm}$ の方が, 4 Hz 以上では $d_R = 4.0 \text{ mm}$ の方が高い値を示すことが分った (図省略). これは, 4 Hz 以下では抵抗径が大きいと MF の供給量が過多となり, 4 Hz 以上では抵抗径が小さいと過少となるためである.

次に 6Hz 以上で他よりも締切圧が高くなった $d_R = 4.0 \text{ mm}$, $l = 10 \text{ mm}$, $N = 6$ の本実験結果を改良前と Fig. 6 で比較する. 本実験では, 締切圧がセパレータの許容圧力 600 kPa を超える時点で中止したので, 8Hz 以上では正確な値は分らないが, 改良前より少なくとも 2 倍以上の吐出圧となった.

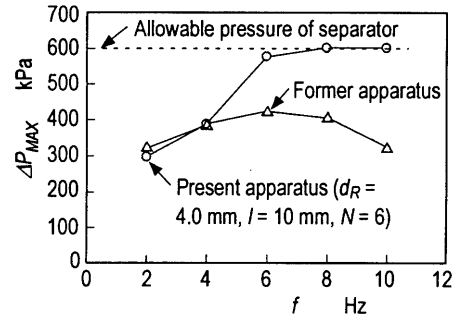


Fig. 6 Comparison of maximum discharge pressures before and after the present revision

3.2 MF と空気の吐出流量 Fig. 7 は $d_R = 2.5 \text{ mm}$, $l = 10 \text{ mm}$, $N = 6$ の条件で P_s を 100 kPa に設定した時の本実験結果を改良前と比較したものである. 本改良により運転範囲が 4Hz から 10Hz まで拡大され, Q_G は 5 倍以上 45 cc/s 程度まで増加した. なお, 効率は 8 Hz の時に最大となり 6% であることが分った (図省略). この低効率の原因は供給電力のほとんどがステータコイルの発熱に使われるためである. 効率を高めるにはそのコイルの超電導化などの対策が必要である.

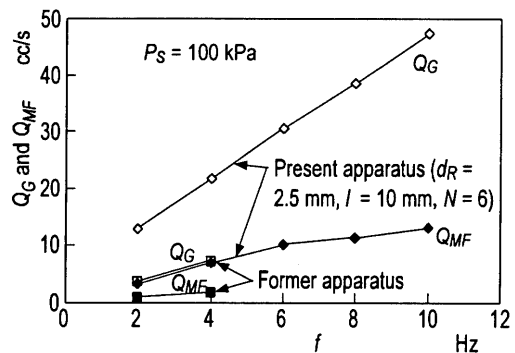


Fig. 7 Comparison of discharge rates of air and MF before and after the present revision

4. 結言

磁性流体を利用したガス圧縮機の一部を改良して性能試験を行い, 以下のことが明らかとなった.

- (1) 吐出圧を規定する最高締切圧をセパレータの許容圧力である 600kPa まで上昇させることができた.
- (2) 吐出流量を改良前の 5 倍以上の 45cc/s まで高めることができた.

参考文献 (1) 神山新一, 磁性流体入門, (1989), 1-135, 産業図書. (2) 佐藤泰生・ほか 4 名, 機論, 59 巻, 562 号, B(1993), 1809-1815. (3) Sadatomi, M. et al., Proc. the 9th Int. Symp. on Transport Phenomena and Dynamics of Rotating Machinery, Honolulu, Hawaii, DP-ABS-058, (2002), 6 pages.