

福岡工業大学 学術機関リポジトリ

循環型磁性流体ポンプにおける圧力特性の検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 福岡工業大学 公開日: 2021-02-25 キーワード: magnetic fluid, pump 作成者: 高崎, 佳明, 高山, 紘一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/11478/00001657

循環型磁性流体ポンプにおける圧力特性の検討

高 崎 佳 明 (情報システム工学科)
高 山 紘 一 (情報システム工学科)

Study of Pressure Characteristic Curve on Magnetic Fluid Pump of Circular Type

Yoshiaki TAKASAKI (Department of Computer and Systems Engineering)

Koichi TAKAYAMA (Department of Computer and Systems Engineering)

Abstract

The purpose of this report is to clarify the cause that the pressure on magnetic fluid pump of circular type changes. Pressure is doing a long periodic change and short periodic change as it understands from the time-pressure characteristic curve. We clarify about the reason for the growth of the short periodic change of pressure. A period of the short periodic change of this pressure is about 4.0 [cm]. Also, the interval of the permanent magnet of the device is about 3.9 [cm]. From this case, both almost agree. In other words, it is considered that the short periodic change of pressure be induced by the interval of a permanent magnet.

Key words: *magnetic fluid, pump*

1. はじめに

1965年に米国航空宇宙局の Dr. Solomon S. Papell により米国特許が取られた磁性流体は液体に強い磁化をもたせようというものであった。それ自体が強い磁場で吸引され、あたかも液体が磁場に反応しているように見える。この磁性流体は、強磁性体の超微粒子(微粒子径約100Å)を凝集が起こらないように界面活性剤を用い、水や油等の溶媒中に安定に分散させたものである。この磁性液体の応用は主として回転軸シールである。その他、比重選別装置、磁性流体研磨、磁性流体ダンパーなどがあり、近ごろでは医学にも応用されるようになった。また、光学関係やエネルギー変換システムへの応用なども考えられている^{1,2)}。

筆者達は磁性流体そのものを移動させる流体ポンプを構成する目的で、装置の開発と基本的動作原理について研究を進めている。この装置の特徴は一般的なポンプとは異なり流体を動かす駆動装置がパイプの外側に配置されており、流体に直接触れる事がないため塵やゴミ等の混入を防止することが出来る点にある。

磁性流体を利用したポンプの例は、超低周波電源により励磁された電磁石により磁性流体の塊をピストンの往復運動のように往復させ媒体(水や油等)を介して圧力を取り出す方式があり^{3,6)}、これの応用として、人工心臓を目指した例もある⁴⁾。また、直接磁性流体を動かす研究報告例としては進行磁場によって磁性流体の流れを得ようとするものがある⁷⁾。この装置の磁性流体の流れは僅かである。また、磁気勾配と気泡を併せた形の磁性流体流動装置が開発されている⁵⁾。

筆者等が提案する循環型磁性流体ポンプは流体駆動源をパイプの外側に配置し、磁性流体そのものを移動

させるため、流体中に摩擦部分が入らず塵等の混入が無い装置を構成することが出来る。応用として、血液に強磁性体の超微粒子を混ぜて血管外側から移動速度を調整することで、血圧を調整する第二の心臓を構成することができると考えられる。もし、駆動回路をコンパクトにすることが出来れば、現在の腕に巻く血圧計と同じ程度の簡便さで利用することが出来ることになる。これまでの研究では60 [gf/cm²] の圧力の発生が得られている。

これまでの結果として圧力が発生できる事が確認出来たが、その圧力は変動して一定したものではない。圧力が時間的に大きな周期で変動したり、小刻みな変動をしたりしている。循環型磁性流体ポンプの圧力変動を無くしてより安定したものとしたり、また、より大きな圧力の発生を生じさせるためには、この変動の原因を明らかにすることが必要である。本報告は、その変動の発生原因について検討を行ったものである。

2. 循環型磁性流体ポンプの圧力発生原理

磁性流体ポンプで磁性流体がパイプ中を流れ、また圧力が発生するためには、強い磁場で磁性流体の塊を引きつけて移動するような磁界を与えると同時に適量の空気を混入させることが必要である。すなわち、パイプ中の磁性流体を連続したものでなく区切りのある塊として扱える状態にする必要がある。それにより、磁性流体の塊が永久磁石に吸引されパイプの中を弁のような形で移動することになる。

実験の結果、磁性流体が給油パイプと圧力パイプ全てに満たされた場合、磁性流体の流れ、圧力の発生が無くなる事がわかった。

そこで、磁性流体をそれぞれの永久磁石付近だけに引きつけ、磁性流体の塊を作ることによって切れ目を作った。ここでの磁性流体の切れ目は空気塊である。この切れ目部分は磁化されないので圧力パイプ出口から吹き出された磁性流体は空気塊で磁化力が弱められ次の永久磁石に引き戻される事がなくなる。すなわち原理的には図1のような水鉄砲となる。

図1において水鉄砲の弁の部分に右に移動すれば、右端の出口が塞がっていけば空気が徐々に圧縮されることになる。空気の圧縮率を β 、空気部分の初期の体積を V 、圧縮するときの空気の体積変化を ΔV とすると、空気が圧縮されることによる圧力変化 ΔP は次式で表される。

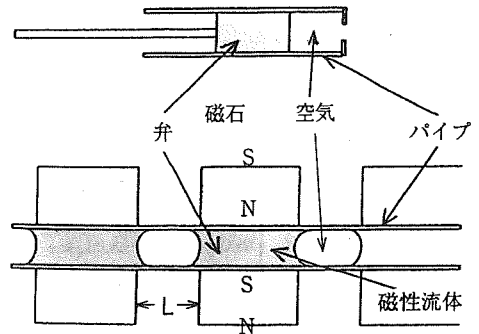


図1 循環型磁性流体ポンプ原理

$$\Delta P = -\frac{\Delta V}{V} \cdot \frac{1}{\beta} \quad (1)$$

ここで、図1の空気部分のパイプ軸方向の長さを L とし、パイプ内面の断面積を S 、磁石の移動速度を v とすれば移動時間を t とし(1)式は次のように書き換えることができる。

$$\Delta P(t) = -\frac{Svt}{SL} \cdot \frac{1}{\beta} \quad (2)$$

よって、

$$\Delta P(t) = -\frac{v}{L\beta} \cdot t \quad (3)$$

となる。

(3)式は図1において、磁石が右方向へ移動してゆくと弁も右方向へ移動してゆくの、時間とともに圧力が比例して増加することを示している。そして、弁がピストンの右端まで移動すると圧力は出口から抜けるため零となる。すなわち、図2に示すような三角波の周期性を持った圧力変化を示すことになる。ここで、三角波の周期 T と空気部分の長さ L の関係は(4)式のようになる。

$$L = v \times T \quad (4)$$

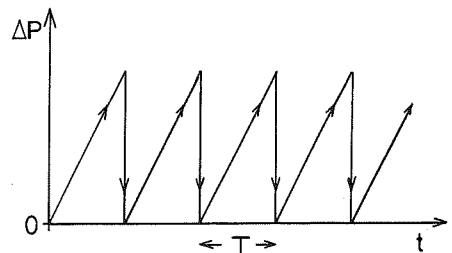


図2 三角波特性

3. 実験装置

図3に装置全体の構成を示す。磁性流体を駆動する移動磁場は永久磁石を円盤に取り付け回転させて作った。はじめに、給油タンクに磁性流体を満たしておき、給油用のパイプで圧力用パイプへ磁性流体を送り込む。圧力用パイプに送り込まれる磁性流体の量は、永久磁石のパイプ長さ方向の長さ、永久磁石の移動速度とその磁場の強さ、圧力用パイプの直径等により決まる。

流出側の圧力はデジタル圧力計で計測しそのデータをパソコンで記録、処理した。又、磁性流体の回収は図3のように流出用パイプから給油タンクへ液滴が落ちるようにして行った。

図4に円盤の寸法と永久磁石の配置を示す。円盤は厚さ5〔mm〕、直径が150〔mm〕である。円盤と円盤の

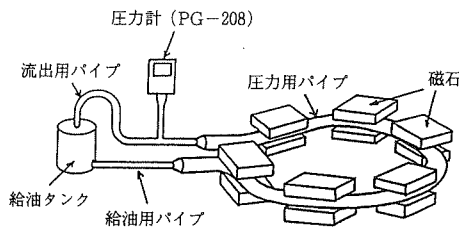


図3 循環型磁性流体ポンプ構成図

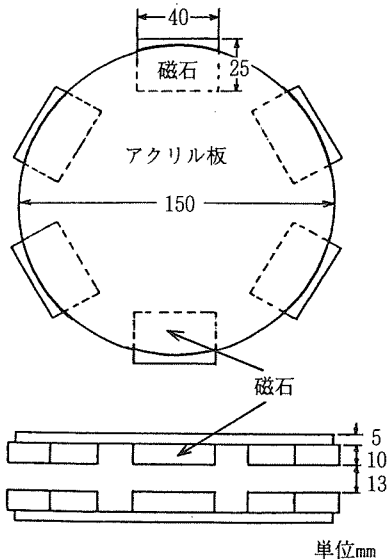


図4 磁石取り付けアクリル円盤の寸法と磁石配置図

表1 使用した器材の規格

①永久磁石の規格		②圧力計		
メーカー	: グローリーK, K	メーカー	: コバル電子K, K	
形式	: 17-32 角形	機種	: MODEL PG-208-102G-3S	
寸法	: 40mm×25mm×10mm	圧力範囲	: 0~1.0 [Kgf/cm ²]	
表面最大磁束密度	: 1Kgauss	最大圧力	: 2 [Kgf/cm ²]	
		分解能	: 0.001 [Kgf/cm ²]	
③圧力用パイプの規格		④給油・流出用パイプ		
材質	: 塩ビパイプ	材質	: 塩ビパイプ	
外径	: 8mm	外径	: 6mm	
内径	: 6mm	内径	: 4mm	
⑤給油タンク				
内径	: 30mm			
高さ	: 47mm			
⑥NSKマグロードの一般性状				
磁性流体名	比重	粘度 [40°C]	磁化の強さ [7 KOe]	使用上限温度
MGFT081B	1.08	70 ^{CP}	180 ^{G^s}	140°C

間隔は圧力用パイプの外形が8〔mm〕であることから少し余裕を持たせて13〔mm〕とした。表1に使用した器材の規格を示す。

永久磁石の移動により圧力用パイプ内に空気塊を発生する必要があるが、これには永久磁石同士の間隔をどの程度にするか、また、磁石の移動速度をどの程度にするかが影響する。永久磁石の間隔は磁石が圧力用パイプ内の磁性流体をどれくらいの量、吸引するかで決定される。すなわち、後から移動してくる磁性流体の塊と繋がらない様にする間隔となる。磁性流体の吸引状態と永久磁石の極性を考慮した配置についての実験を行った結果、磁石と磁石の間隔は7mm以上必要である事が分かった。

4. 実験結果

実験結果を図6~図10に示す。これらの図は磁石の移動速度に対する時間経過と圧力特性を示す。図6~図8は図1の原理図における空気の抜け穴を考慮した場合で、給油タンクの上蓋を解放して、流出パイプを上から垂らし磁性流体回収する方法で循環系路は塞がない場合である。そのため圧力が大気中に抜けることになる。これらの図から分かるように、空気が抜けるため、磁石の移動速度が早くなっても圧力のピーク値が約18〔gf/cm²〕となっている。また、原理で算出した三角波の周期性をもった変化が微妙ではあるが図5の様に現れている。

この微妙変動波について周期計算をしてみる。図6における微妙変動のピークからピークまでの長さが平

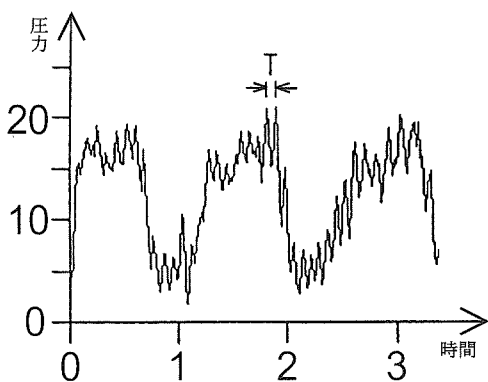


図5 圧力特性曲線例

均して0.2[cm]である。各図における目盛りはの60[sec]を0.65 [cm] として表示していることから、周期Tの時間は、次式で求まる。

$$T = \frac{60 \times 0.2}{0.65} = 18.461539 \text{ [sec]}$$

よって、周期Tを長さLに換算すると

$$L = v \times T = 0.244743 \times 18.461539 = 4.5183323 \text{ [cm]}$$

となる。同様にして図7, 図8におけるLを求めてみると

$$\text{図7より } L = 4.0982123 \text{ [cm]}$$

$$\text{図8より } L = 4.4862369 \text{ [cm]}$$

となる。平均してL = 4 [cm] 程度の長さであることが求められた。

次に、図4より磁石と磁石の間隔の長さを求めると、アクリル板の直径が15 [cm] であることから、円周が47.12389 [cm] となり、永久磁石を6個、等分に配置しているの、円周を6等分すればその長さは7.8539816 [cm] となる。ここで、永久磁石の長さが4 [cm] であることからその長さを差し引くとL = 3.8539816 [cm] が求まる。この値は空気部分の長さLの値とほぼ一致している。すなわち、基本原理で示した(3)式の圧力発生機構による周期の長さLであることが分かる。

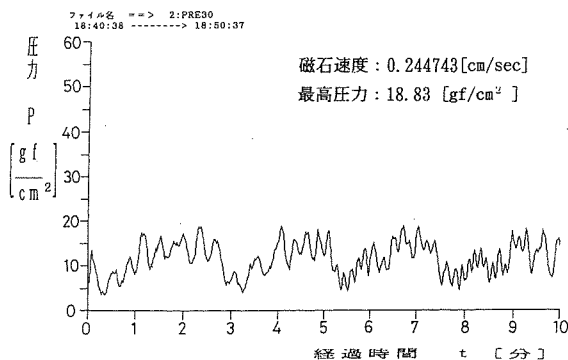


図6 循環系路解放の場合の圧力特性 (磁石速度: 0.244743[cm/sec])

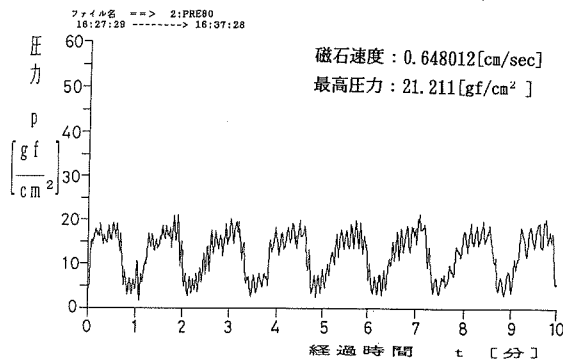


図7 循環系路解放の場合の圧力特性 (磁石速度: 0.443973[cm/sec])

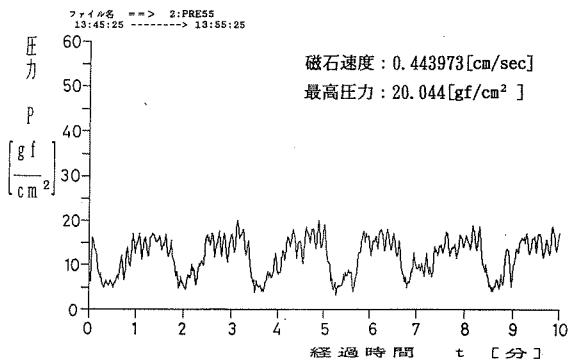


図8 循環系路解放の場合の圧力特性 (磁石速度: 0.648012[cm/sec])

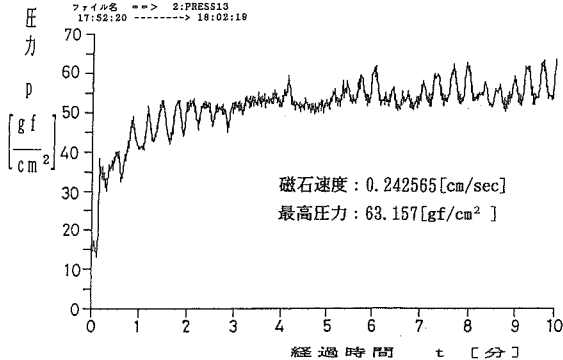


図9 循環系路を塞いだ場合の圧力特性 (磁石速度: 0.242565[cm/sec])

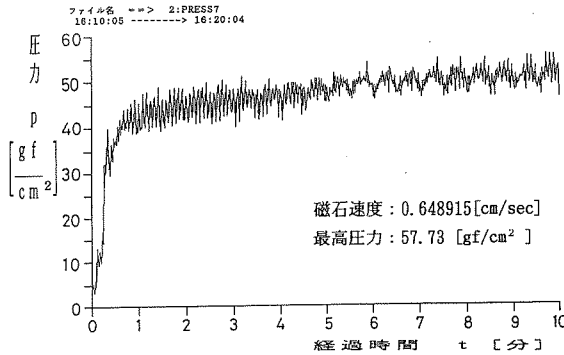


図10 循環系路を塞いだ場合の圧力特性
(磁石速度: 0.648915 [cm/sec])

次に、図9と図10の上蓋を閉じて循環系路を閉じた場合の圧力特性について検討すると、図9の場合は微小変化のピークからピークまでの長さが平均して0.2 [cm] で $T = 18.461539$ [sec] となり、図6の場合と同様にして、 $L = 4.4862369$ [cm] となる。また、図10については微小変化のピークからピークまでの長さが平均して0.06 [cm] である。これにより、 $T = 5.5384615$ [sec] となり、 $L = 3.5939908$ [cm] となる。これらの値も空気部分の長さ L の値とほぼ一致している。すなわち、基本原理で示した ((3)式の圧力発生機構による周期の長さ L であることが分かる。

図6から図8までの圧力特性に現れている大きな周期の波形は圧力パイプから流出パイプへ移動した磁性流体が流出パイプの中で、ある一定量貯まると給油タンクの方へ流出するために発生するもので空気中へ圧力が抜けていくためであると考えられる。上蓋を閉じて循環系路を閉じた場合の圧力特性にはこの変化が現れていないことで、基本原理とは無関係の現象であることが分かる。

5. おわりに

循環型磁性流体ポンプ圧力変動の発生原因を検討した結果、小刻みな変動が磁石間の長さにより決まっ

ている事が分かった。

今後の検討課題としては次のようなものが上げられる。

- 1) 圧力を163 [gf/cm²] まで上昇させること。
- 2) 磁性流体を弁としているため圧力波形に様々な変動が表れている。これらの解明を行う。
- 3) 磁性流体中に空気の部分を発生させて磁気効果を分断したが、人工心臓として使用する場合はこの空気部分を血液がとって変わるようにしなければならない。このときに使用する磁性流体について、その特性を検討しておく必要がある。
- 4) 磁石の移動によるものを進行磁界等に換えて、装置のコンパクト化を行う。

参 考 文 献

- 1) 武富荒, 近角聡信: 磁性流体—基礎と応用, 日刊工業新聞社 (1988)
- 2) 神山新一: 離流体入門, 産業図書 (1989)
- 3) 渡辺 純, 佐藤 彰, 神山新一: 磁性流体を利用したアクチュエータの基本特性, 日本機械学会第68期全国大会講演会講演論文集, Vol. B, P. 402, No. 1239 (1990)
- 4) 三田村好炬, 和田龍彦, 酒井主輔: 磁性流体を用いた人工心臓アクチュエータの基礎的研究, 磁性流体連合講演会, P. 34 (1991)
- 5) 石本 淳, 大久保雅章, 西山秀哉, 神山新一: 磁性流体気液二相流を用いたエネルギー変換システムに関する基礎研究, 第4回シンポジウム電磁力関連のダイナミクス, P. 305, No.806 (1992)
- 6) 小池和雄, 佐藤 彰: 磁性流体に作用する磁気力の変化を利用した流体運動の駆動, 磁性流体連合演説会, P. 70 (1992)
- 7) 大久保雅章, 大島修造, 山根隆一郎, 勝村友一, 神山新一: 進行磁場により駆動される磁性流体の開きよ内流れ, 第4回シンポジウム電磁力関連のダイナミクス, P. 279, No.801 (1992)