

要 旨

本研究は水素吸蔵合金アクチュエータ用の低抵抗ピストンポンプの開発を目指すものである。ピストンポンプの摺動抵抗としてピストンとシリンダの間で生じる固体摩擦抵抗に着目し、意図的にピストンとシリンダの間にすき間を設けることで、ポンプ駆動力の低減を試みた。試作した模型ポンプを用いてピストン移動速度とポンプ駆動力および体積効率の関係を実験的に調べた結果を報告する。

1. 緒言

水素吸蔵合金は、加熱すると水素を放出し、冷却すると水素を吸蔵する性質を持っている。水素吸蔵合金アクチュエータ(Metal Hydride Actuator:MHA)は、合金が水素を放出・吸蔵をくり返す際に生じる水素の圧力差を利用したアクチュエータであり、温泉廃熱の有効利用¹⁾などで注目されている。低速・高出力という MHA の特徴を生かしたアプリケーションのひとつとしてピストンポンプの駆動源としての活用が期待されており、その際、高効率化のためにはピストンポンプの摺動抵抗低減が解決すべき課題となる。

本研究は MHA を駆動源とするピストンポンプの開発を目指すものであり、ピストンとシリンダの間に生じる固体摩擦抵抗の大幅な低減にむけ、意図的にピストンとシリンダの間にすき間を設けることにより、ポンプ駆動力の低減を試みた。

本稿では、試作機を用いてピストン移動速度とポンプ駆動力および体積効率の関係を実験的に調べた結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

図1に本研究で用いた実験装置の概略図を示す。シリンダ(内径 40mm)は水平に設置され、両端に吐出口と吸入口を有する往復型である。ピストンはコンピュータ制御されたソレノイド・バルブによって動作するエアシリンダに、アルミ製の連結棒により連結されており、ストロークは 125mm である。

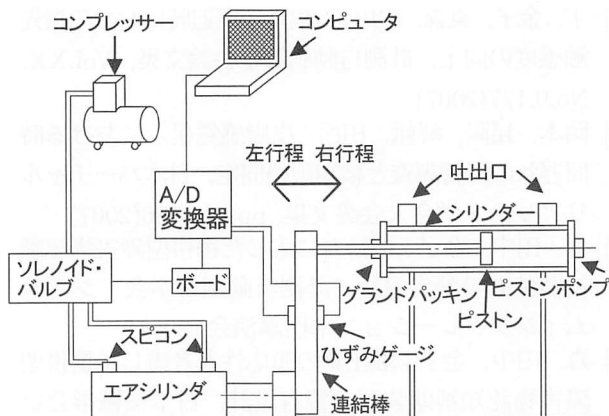


図1 実験装置概略図

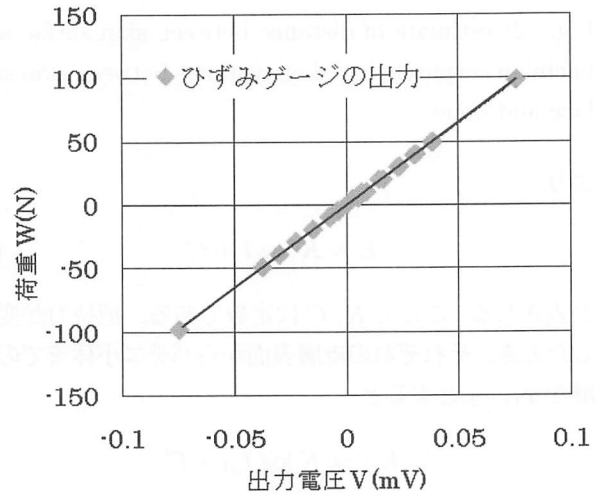


図2. ひずみゲージの校正

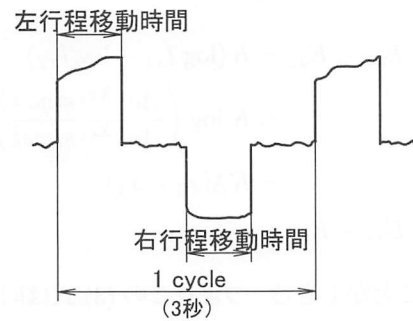


図3 ひずみゲージの出力例

エア圧力源には小型のエアコンプレッサ(最大圧力 0.7MPa)を用いた。なお、以後ピストンが左に動くときを左行程, 右に動くときを右行程と呼ぶこととする。

ピストンポンプの駆動力は、連結棒に取り付けたひずみゲージ(2ゲージ法)の出力を A/D 変換器を通して、コンピュータに取り込み自動計測した。サンプリング周波数は 50Hz である。ひずみゲージは、本実験の前に較正を行って使用した。既知の負荷(4.9N~98N)を与えひずみゲージの出力を記録し、図2に示す較正曲線を作成した。図3は、ポンプ動作時におけるひずみゲージの出力データの一例であり、駆

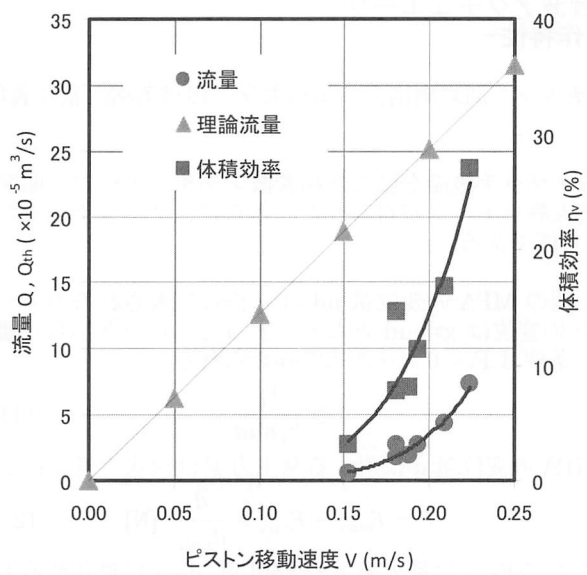


図4 ピストン移動速度と流量および体積効率

動力は左工程でプラス、右工程でマイナスを示す。なお、ピストン往復運動の周期は 3 秒で一定とし、ピストン移動速度はエアシリンダに取り付けた流量調節弁(スピコン)により調節した。

ピストンポンプの実流量の測定は重量法で行い、本実験ではピストンを 50 回往復させ、その間の図 3 に示すピストン移動時間の合計時間に対する、吐出重量の割合を実流量として算出した。また、体積効率は理論流量(シリンダ内径×ストローク×往復回数 50 回/50 往復のピストン移動時間の合計)に対する実流量の割合として定義している。

3. 実験結果と考察

図 4 に、ピストンの移動速度と流量および体積効率の関係を示す。図中の直線は理論流量を示している。ピストン移動速度については、左右の行程で若干異なるため、左右行程の平均値でプロットしている。図 4 において、理論流量はピストンとシリンダとの間にすき間を流れる漏れがないものとして算出しており、ピストンの移動速度に比例して直線的な増加傾向を示す。これに対して、実流量はピストンの移動速度の増加に伴って指数関数的な増加傾向となっている。これは、ピストン移動速度の増加にともなってすき間を通る流れのエネルギー損失が流速の二乗に比例して増大することによって、すき間を通過する漏れ流量の増加割合が減少するためであると考えられる。なお、今回試作したポンプでは、ピストン移動速度が 0.15m/s 以下の場合、揚水することができなかった。これは、シリンダ内の水がすべて、ピストンとシリンダとの間のすき間を通過してしまうためと考えられる。また、ピストンの駆動に用いたエアシリンダの性能上の制約により、ピストン移動の最大速度は約 0.22m/s となっているが、若干

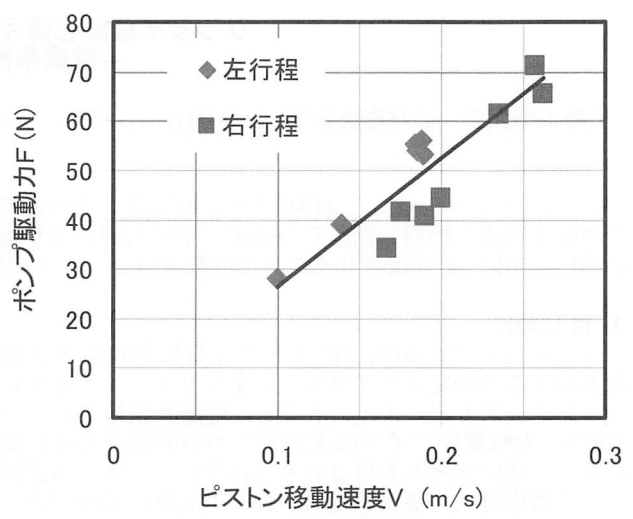


図5 ピストン移動速度と駆動力

のピストン移動速度の高速化によって、大幅な体積効率の増加が期待できる。

次に、ピストンの移動速度とポンプ駆動力の関係を図 5 に示す。左右の行程別に測定値をプロットしているが、近似曲線は左右行程の全データの値をもとに算出している。図 5 から駆動力はピストンの移動速度に比例して増加していることがわかる。駆動力としては、ピストンの左右における圧力差による力、グランドパッキンでの摺動抵抗、ピストンとシリンダとの間のすき間を通る流れによるせん断応力があり、それらの合計が測定されたものである。グランドパッキンの摺動抵抗は固体摩擦抵抗であり、ピストンの移動速度によらず一定になると考えられるが、すき間を通る流れによってピストン側面に生じるせん断応力は、ピストン移動速度およびピストン両側(吸込側と吐出側)の圧力差に比例し、また、駆動力の多くはピストン両側の圧力差の影響を強くうけることから、概ね、ピストン速度に比例して圧力差、つまりヘッドが増加するものと考えられることができる。

4. 結言

本研究では、MHA を駆動源とすることを前提としたピストンポンプの開発を目指し、試作機の性能を実験的に調べた。その結果、ピストンとシリンダとの間に生じる逆流による流量損失は、ピストン移動速度の増加にともなって急激に減少すること、また、ポンプ駆動力はピストンの移動速度に比例して増加することがわかった。今後、すき間の大小による相違について調査し、最適化を図っていく予定である。

参考文献

- (1) 先川 他, 温度差エネルギーと水素吸蔵合金を活用した海水交換装置の開発, 北海道開発土木研究所月報 No.589 2003 年 3 月