

形状記憶合金ヒートエンジンのメカニズム と出力測定システム

Study on Mechanism of Heat Engine Using SMA and Measurement System for Engine Power

正 石橋 達弥(新潟大) ○学 竹内 知之(新潟大) 高橋 学(株三條機械製作所)
正 大木 基史(新潟大) 山本 太一(光洋精工株式会社)

Tatsuya ISHIBASHI, Tomoyuki TAKEUCHI, Motofumi OHKI:

Faculty of Engineering, Niigata University 8050 2-no-cho Ikarashi, Niigata 950-2181, JAPAN

Manabu TAKAHASHI : Sanjyo Machinery Co.,Ltd. Taichi YAMAMOTO : Koyo Seiko Co.,Ltd

This paper describes the mechanism of a SMA(Shape Memory Alloy) heat engine and the measurement system for this engine power. It is manufactured two types of a heat engine : Synchronized Rotating Heat Sources(SRHS) and Rotary Valve(RV), which are different for the way of supplying hot and cold water. The most important feature of RV type heat engine is to supply hot and cold water for SMA by using rotary valve which is synchronized with the movement of driving parts. While, SRHS type is to supply water for SMA by rotating hot and cold water tanks. These engines have a lot of SMA formed coil-spring as a driving element, and convert low level thermal energy into mechanical energy. As a result, RV type heat engine achieves decline of power loss compared with SRHS type.

Key Words: SMA(Shape Memory Alloy) Heat engine, Synchronized rotating heat sources, Rotary valve

1. 緒言

現在工場や原子力・火力・地熱発電所及び温泉などから排出されている低位熱エネルギーである温排水は未使用のまま捨てられている。

本研究はこれらの低位熱エネルギーを、資源として有効に利用するため、形状記憶合金(Shape Memory Alloy:SMA)を用いて機械エネルギーに変換するヒートエンジンを考案し、比較的少量の温水と冷水がある場合を想定して長時間連続運転可能なヒートエンジンの開発を目的としている。本論文では、駆動素子としてコイルスプリング状のSMA素子を用いたふたつの方式によるヒートエンジンを設計・製作し、その性能検定試験を行った結果について報告する。

2. 熱源同期回転式ヒートエンジン

熱源同期回転式(SRHS)ヒートエンジンは温水槽と冷水槽が一体となったドーナツ状の水槽を出力軸と結合することにより、回転子の回転とともに水槽も回転し、パイプから常に出ている温・冷水で駆動部のSMAを加熱・冷却するという原理になっている。このため、温冷水に回転方向の運動エネルギーを与え、動力の損失になることと、温冷水の供給時間が短いという問題点があった。

3. ロータリーバルブ式ヒートエンジン

3.1. ロータリーバルブ式ヒートエンジン基本構成

熱源同期回転式ヒートエンジンにおける問題点を改善するため、今回は温水・冷水のパイプから送り込まれた温冷水をロータリーバルブで駆動部の動作に合わせて、SMA素子へ供給するようになっているロータリーバルブ式(RV)ヒートエンジンを製作した。Fig.1にその全体図を示す。エンジン上部には回転数測定用のフォトセンサとスリットディスクを取り付けてある。

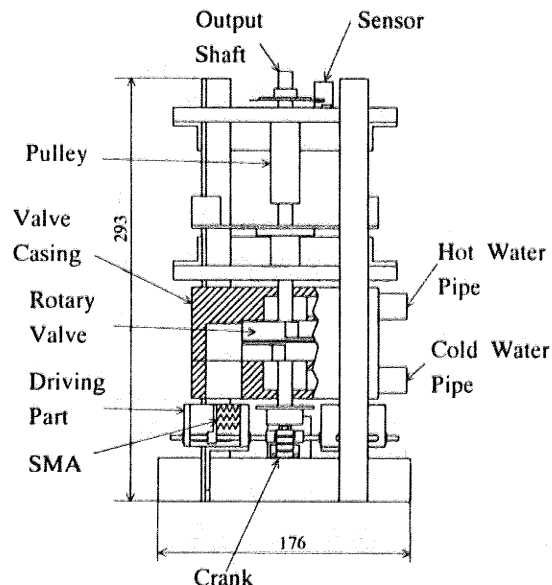


Fig.1 Schematic Illustration of Heat Engine (Front View)

3.2. ロータリーバルブ式ヒートエンジン動作原理

Fig.2にロータリーバルブ式ヒートエンジンの動作原理を示す。図は1駆動部のみで示してある。SMA素子に冷水がかかり冷却された状態で出力軸を回転させると、クランクを介して小さな力でSMA素子に変形され、最大ひずみになった時点でロータリーバルブにより冷水が温水に切り替わる。そしてSMA素子に温水がかかり、形状回復を起こし大きな力でクランクを押し、出力軸を回転させる。再び温水が冷水に切り替わり最初の状態に戻る。

これを1サイクルとしてエンジンは回転する。

また、実際には駆動部は4個あり、各駆動部にSMAが5本ずつ取り付けられている。

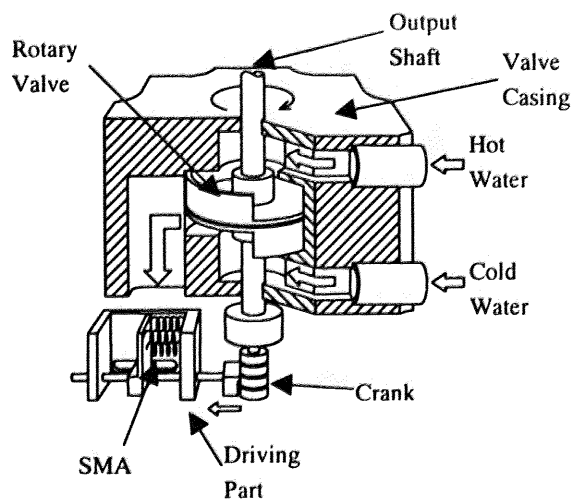


Fig.2 Schematic Motion of Rotary Valve Heat Engine

3.3. バルブタイミング

このエンジンは、バルブにより温冷水が切り替わってからSMA素子に温冷水が達するまでに時間がかかるため、バルブの開閉時期を調整する必要がある。

Fig.3は、クランクおよびロータリーバルブを下から見た図である。図のようにバルブが閉じている区間の中点とクランクピンがなす角度が 90° のときを進角 0° とし、ここからバルブに対してクランクを時計回りに回して進角 α° をつけることとする。また、冷水バルブが開く区間は 210° で、温水バルブが開く区間は 150° である。

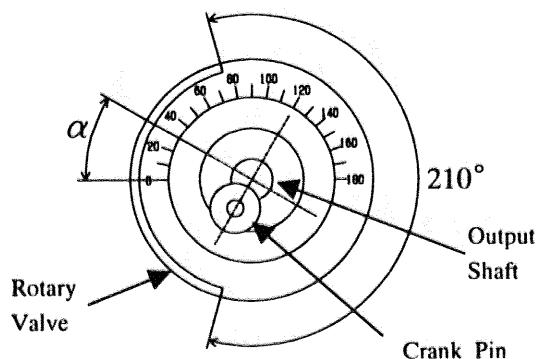


Fig.3 Schematic Illustration of Crank and Rotary Valve (Bottom View)

4. 実験

4.1. 実験方法

実験は、エンジンの出力軸に取り付けたプーリーを介して一定の負荷を与えながら回転させ、そのときのトルクと回転数を測定し、出力を算出した。

また今後のヒートエンジンの出力測定に本研究室で研究を行っている差動カム式非接触微小ねじりトルク計を用いることを考え、ロータリーバルブ式ヒートエンジンにおける当トルク計の性能検定も合わせて行った。

4.2. 実験結果および考察

Fig.4は、熱源同期式およびロータリーバルブ式ヒートエンジンのSMA1gf当たりの出力-回転数線図を示している。ロータリーバルブ式に関してはバルブタイミングを 70° 、 90° 、 110° 、 130° と変えていった場合の値を示している。バルブタイミングを大きくすると最大出力を発生する回転数が高くなりバルブタイミング 110° のとき、出力が最大となり熱源同期式の約1.8倍の出力が得られた。

Fig.5は、ロータリーバルブ式エンジンにおけるおもりによる測定とトルク計による測定により得られたトルク-回転数線図である。尚、バルブタイミングは 110° としている。

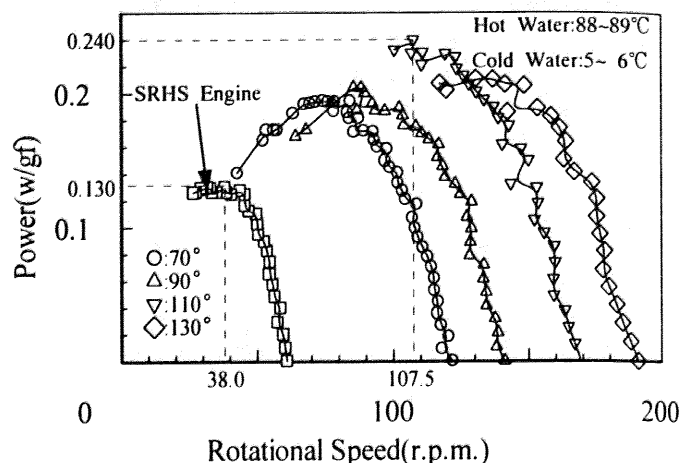


Fig.4 Relationships between Power of SMA per gram · force and Rotational Speed

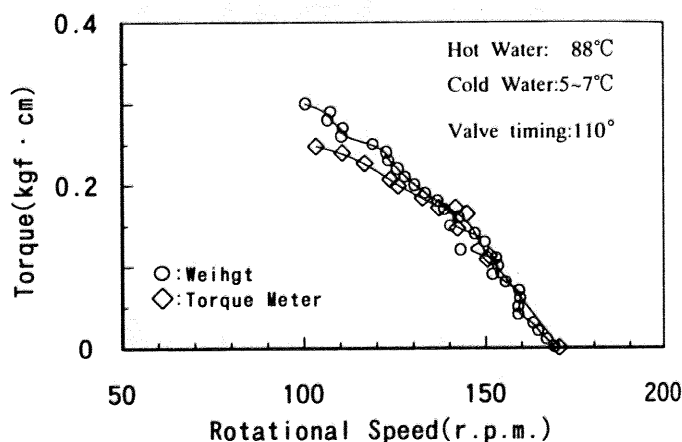


Fig.5 Relationships between Torque and Rotational Speed

5. 結言

・熱源同期回転式ヒートエンジンの改良として、ロータリーバルブ式ヒートエンジンの設計・製作を行い、出力特性に関して比較実験を行った。

(1) バルブタイミングを 70° 、 90° 、 110° 、 130° と変えると最大出力を発生する回転数は高くなり、 110° のときに最大出力が得られ、熱源同期式エンジンに対しSMA1gf当たりの出力は約1.8倍となり出力向上が達成された。

(2) 非接触式トルク計による測定結果と、おもりを用いて行った測定結果とはほぼ一致した。

・今後の課題と展望

(1) 回転数により適正なバルブタイミングが変わるため、回転数に合わせた可変バルブタイミング機構が必要である。

(2) トルク計を用い、連続的な出力測定、およびモニターを行うことができる。

本研究にご協力いただいた4年生の青木亮君、および機械工場技官の方々に感謝申し上げます。

〈参考文献〉

1)高橋、石橋、他：秋田地方講演会講演論文集('98-8-21, 秋田) P.37~38