

301. 形状記憶合金を用いたフィクストブレード形 ヒートエンジンに関する研究

Studies on the Fixed Blade Heat Engine used Shape Memory Alloy

学* 瀧川 賀久 (新潟大院)
正 手塚 孝治 ((株)東芝)
学 長谷部 浩 (新潟大院)

正 石橋 達弥 (新潟大)
高橋 幸久 (日本ステンレス(株))

Yoshihisa TAKIGAWA, Tatsuya ISHIBASHI and Hiroshi HASEBE

Faculty of Engineering, Niigata University 8050 2-no-cho Ikarashi, Niigata 950-21,
Japan; Takaharu TEZUKA, TOSHIBA; Yukihiisa TAKAHASHI, NIHON STAINLESS

Key Words: Fixed Blade Heat Engine, Shape Memory Alloy, Nickel Titanium Alloy, Power

1. 緒言

形状記憶合金 (Shape Memory Alloy : SMA) の形状回復力を利用したヒートエンジンは、温泉や温排水などの低位熱エネルギーを機械的エネルギーに変換できるため、これまでも様々なヒートエンジンが考案されてきた。しかし、それらは回転部とSMA素子が一体となっている構造のため、SMA素子が疲労破壊した場合には一旦エンジンを停止してSMA素子を交換する必要がある。

本研究ではこのような点を考慮し、回転部とSMA素子とを分離した構造のフィクストブレード形ヒートエンジンを考案し、その試作・出力特性実験を行った結果を報告する。

2. ヒートエンジンの作動原理

Fig. 1に今回考案したヒートエンジンの回転部と駆動部及び作動原理を示す。

回転部は、回転軸と回転子とが一体構造となっている。ローラは回転子の上下についており、滑らかに回転できるようになっている。駆動部は、固定板と支点を中心に動く接触板があり、それらを板状SMA素子により結合した構造である。この駆動部を1つの回転子の上下に2つつつ、計4つ配置した2ステージ形となっている。

(a)の状態では、上側駆動部A, BのSMA素子は低温状態にあり、下側駆動部C, DのSMA素子を高温状態にすると、C, Dの接触板がローラを押し回転子を回転させる。(b)のように回転が進むにつれてA, Bの接触板はローラに押しされ、SMA素子に変形を受ける。(c)になるとA, BのSMA素子は最大ひずみを受ける。この点をすこし過ぎてから、逆に、C, DのSMA素子を低温状態に、A, BのSMA素子を高温状態にすることにより回転子を回転させる (d)。この行

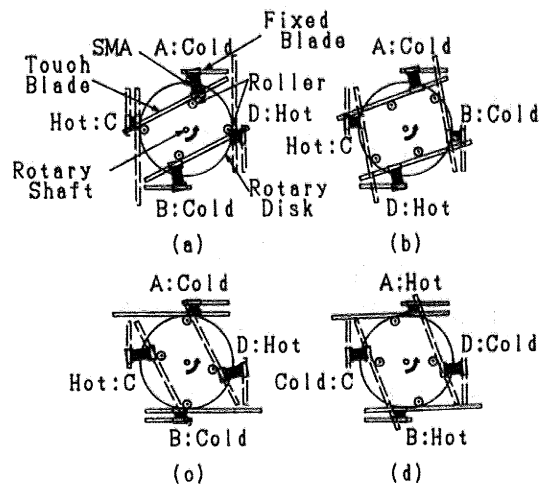


Fig.1 Motion Principle of the Fixed Blade Heat Engine

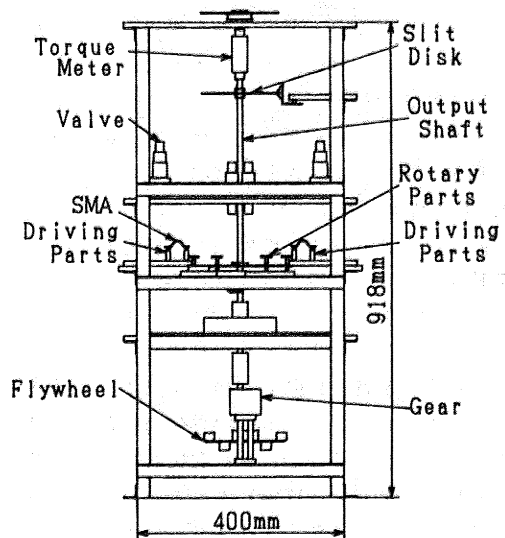


Fig.2 Front View of the Fixed Blade Heat Engine

程を繰り返すことによりエンジンは回転する。

Fig. 2にエンジン全体図を示す。出力軸に取り付けたスリット付円盤とその回転角を検出するフォトセンサにより、エンジン回転と同期させたソレノイドで駆動する温冷水吐出用バルブを用いて、SMA素子を加熱、冷却する。また、高温状態のSMA素子のエネルギーの一部を貯蔵して低温状態のSMA素子を変形するため、出力軸に回転数変換部を介してフライホイールを取り付けてある。

3・SMA素子の特性

SMA素子としてNi-Ti合金板(厚さ0.5mm, 幅20mm, 長さ50mm, 有効作用長さ30mm: 日本ステンレス製)を、1次熱処理720℃で70分、2次熱処理400℃で4時間熱処理したものを駆動素子に用いた。4つの駆動素子の有効作用質量は7.5gである。

Fig. 3にSMA素子の温度-荷重-ひずみ線図を示す。

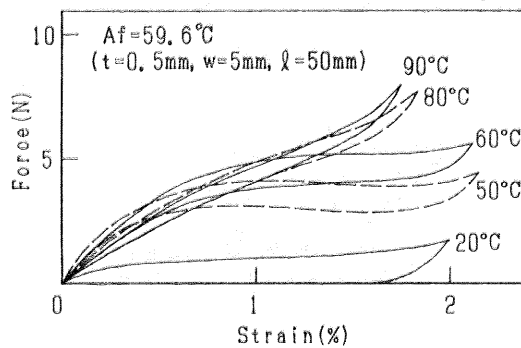


Fig.3 Diagrams between Temp., Force and Strain

4・実験

4-1 実験方法

温水・冷水槽をエンジン上部に設置し、そこから各温冷水吐出用バルブに温水・冷水を送った。トルクの測定は山崎式回転トルクメータ(フルスケール0.49N・m)により測定し、回転数は出力軸が5回転に要した時間を測定し算出した。水温は22℃であった。

4-2 実験結果および考察

Fig. 4にトルク-回転数線図を、Fig. 5に出力-回転数線図を示す。

湯温が50, 60, 80℃と高くなるほど、大きな出力が得られる。また最大出力のときの回転速度は、湯温の上昇とともに高回転域に移動する傾向を示す。これはFig. 3に示されているように、SMA素子の回復力が温度の増加とともに大きくなることに起因している。湯温90℃の曲線は、80℃とほぼ同じであるが、最高出力が90℃のほうが低くなった。この主たる原因として、90℃ではSMA素子が記憶ぼけをおこすためと考えられる。

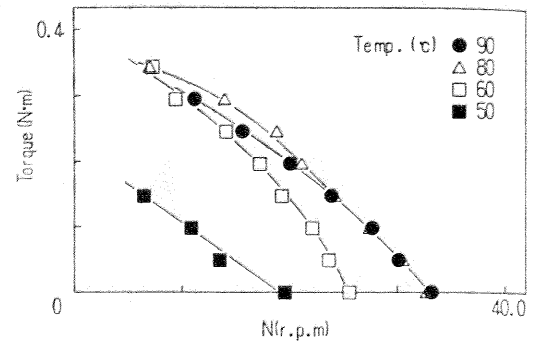


Fig.4 Relationship between Revolution speed and Torque

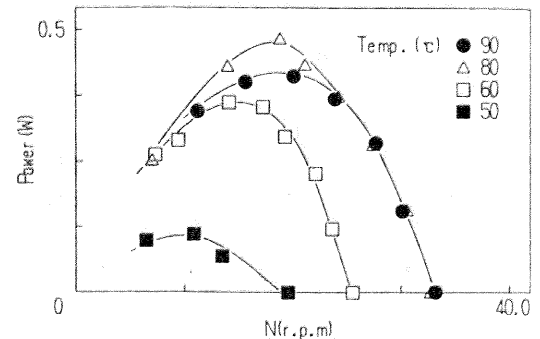


Fig.5 Relationship between Revolution speed and Power

5・結言

長時間連続運転可能なフィクストブレード形ヒートエンジンのメカニズムを考案し、その試作・出力特性実験を行った結果は次のようである。

- (1) ヒートエンジンのトルクと回転数の関係は、右下がりの直線を示し、また出力と回転数の関係は、上に凸の曲線を示す。
- (2) 最高出力は、湯温80℃で回転数18.8 r.p.m, トルク0.25N・mのとき、0.48Wが得られた。SMA素子1g当りの出力に換算すると、0.06Wとなる。
- (3) SMA素子の記憶ぼけは、エンジンの出力に悪影響をおよぼすため、SMA特性に応じた湯温を選ぶ必要がある。
- (4) 今後の課題としては、①駆動部の力を効率よく回転部に与える。②ソレノイドによる温冷水吐出用バルブを用いず、温冷水のみで駆動するような機構を考える。③マルチステージ化を図る。

本研究に御協力いただいた4年生の今井久君、尾崎由周君に感謝申し上げる。

参考文献

- (1) 田中 日本金属学会会報 24-1 (1985)
- (2) 本間・祢津 東北大学選鉱製錬研究所報告 第776号