Intelligent Materials and Structures Design by Using Shape Memory Alloy

形状記憶合金を用いたインテリジェント材料／構造設計

Yasubumi Furuya

Department of Materials Processing, Tohoku University

Aramaki-Aoba, Aobaku, Sendai, 980-77 Japan

TEL:022-222-1800(EX. 4494) FAX:022-268-2949

(Accepted for publication 18 November 1993)

1. 緒言

実際に設計可能なインテリジェント機械構造材料（体）の技術条件としては、（１）外界へのセンサー機能、（２）アクチュエータ（エフェクタ）機能、（３）能動応答機能、（４）自己制御（形態保持）機能、（５）損傷回復・自己修復機能などが挙げられるであろう。形状記憶合金（SMA）では、熱弾性型マルテンサイト変態（形状記憶効果）もしくは応力誘起変態（超弾性現象）により結晶構造が変化して様々な材料機能特性が現れる¹。即ち、前記のインテリジェント材料条件のうち（１）と（２）さらには時間的記憶・形態回復機能（（３）や（４）の一部）をSMAはすでに内包し、その相変態や材料特性を温度や応力によって能動制御出来ることを意味している。SMAにはインテリジェント材料設計への要素条件が多く備わっている。そこで、上記の観点から、著者らが現在進めている、形状記憶合金の材料特性を積極的に活かした、インテリジェント材料／構造システム研究を出来るだけ具体例を挙げて紹介する。

2. 実験方法

形状記憶TiNi合金繊維で強化した金属およびエポキシ樹脂基複合材料を作製して、その材料特性評価をもとに上記のインテリジェント機能発現の可能性を調べた。まず、TiNi繊維（直径＝0.4mm）をステンレス枠組に配列させてAl溶湯（約1073K）を加圧铸造（約60MPa）により鑄込み、TiNi繊維強化Al基複合材の引張り試験片を作製した。この試験片の逆変態終了温度（Af）以上の363Kでの引張り応力～ひずみ曲線を求め、高温強化や制振性向上の可能性を調べた。次に、形状記憶TiNi合金繊維の収縮によるき裂閉鎖作用を確認する目的で、光弾性エポキシ樹脂表面にTiNi繊維（直径＝0.8mm）列を設置し、直接通電加熱法により逆変態を起こさせ、その際の切欠き先端の光弾性応力集中縞の変化を連続的に測定した。

3. 結果

Al基複合材料では、逆変態温度以上の高温側（≤Af）で形状記憶TiNi繊維収縮に伴う母材内での圧縮応力発生により、引張り流動応力は上昇し、また母材とTiNi合金の剛性の相違により制振性（damping）向上が確認された²。以上から、TiNi／Al基複合材は、振動抑制と軽量化が要求される車両用材料や混合TiNi繊維の耐摩耗性向上のメリットも生かした形で中温度域（100～200℃）までの航空機部品やエンジン用材料などとして期待できる。

形状記憶複合材料をインテリジェント機能化させるために、その内部に混合、配列させたSMAを利用した、フィードバック材料特性制御（自己診断機能→自己調整・修復機能発現）が必要になる³。SMAの熱弾性的相変態（形状記憶効果）や応力誘起相変態（超弾性効果）に伴う材料物性情報（電気抵抗変化、超音波音速変化、内耗（減衰）、AE発生）をセンシングしながら、【図1】のTiNi繊維強化エポキシ樹脂引張り試料モデル板に示される様に、外部的環境・状況に対応してSMAファイバーに通電法などによる加温収縮もしくは応力負荷による相変態を起こさせて、その剛性を変えて、SMA複合材料部材の形状、材料強化、き裂閉鎖・強靱化さらには制振・騒音吸収性などの機能を材料側から能動的に付与することが出来た。これは、内在SMAファイバーを生体での神経系と人工筋肉系に置き換えたものととらえる事もできる。いずれにしても、形状記憶複合材料化によるインテリジェント材料／構造設計には、構成材料の動的な物理化学的現象に対するインテリジェント機能化という観点からの特性評価とその能動的制御に関する基礎研究が重要になることがわかる。

Fig.1 Crack-tip stress intensity drop and crack-tip closure caused by SMA TiNi fibers contraction.

参考文献

1. 古屋泰文：インテリジェント材料、2-3（1992）6
2. Y. Furuya, A. Sasaki and M. Taya: Mater. Trans. JIM, 34-3(1993)224
3. 古屋泰文：新素材（日本工業出版）、4-8（1993）63 または日本機械学会、第70期通常総会講演会・講演論文集、No. 930-9(1993) 90

'93 SAS Intelligent Symposium