

形状記憶合金を用いたスマート材料

近年、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics)、GFRP (Glass Fiber Reinforced Plastics) など航空宇宙産業に広く使われている複合材料に形状記憶合金を埋め込み内部の微視的損傷の発生や拡大を抑制する研究が注目されている。これは形状記憶合金の低温マルテンサイト相状態で予め与えられた引張歪(予ひずみ)が、複合材料成形後の加熱により母相(オーステナイト相)に逆変態するとき、元の形状に回復する効果(形状記憶効果)によって生じる圧縮力を利用しようとするものである。

しかし、現在通常使われている熱処理済みTiNi形状記憶合金の逆変態温度(A_s)は70℃以下であるのに対し、耐熱エポキシ樹脂の熱硬化温度は130℃以上である。そのため、TiNi形状記憶合金をCFRP、GFRPなどの母材に埋め込み硬化成形すると、予ひずみを与えたTiNi合金が形状回復してしまい、TiNi合金の形状記憶効果を利用できなくなるという問題があった。そのため従来は、特殊な治具によりTiNi合金の両端を固定して、予ひずみを保持したままCFRP、GFRPなどに埋め込んで硬化させなければならず、形状記憶合金を用いた機能性複合材料の大きさと形状が大きく制

限され、実用化になかなか結びつかなかった。

これに対して我々は、適当な冷間加工処理(室温での塑性加工)を行うことにより、TiNi合金の逆変態温度をCFRPなどの母材の硬化温度以上に上昇させることに成功した。これは相変態により蓄積された内部弾性エネルギーをマルテンサイト相状態での塑性変形により緩和してマルテンサイト相を安定化させるという現象を利用したものである。この結果、TiNi合金の両端を固定しなくても、硬化中にTiNi合金が逆変態を起こして収縮する事なく、母材中に埋め込むことが可能となった。その後、埋め込んだTiNi合金を短時間通電加熱して一度逆変態させ、内部弾性エネルギーを回復させ、TiNi合金の逆変態温度を再び室温付近に戻す。以上の方法によって、TiNi合金の形状記憶効果を容易に利用できる機能性複合材料を製造することができた。更に、これらの方法では、TiNi合金ワイヤ製造過程の冷間伸線加工処理を利用して、逆変態温度を上昇させると同時に予ひずみも得られるため、わざわざ予ひずみを与える処理工程も省略でき、自己損傷制御機能を有する機能性複合材料の製造コストの大幅な低減も期待できる。

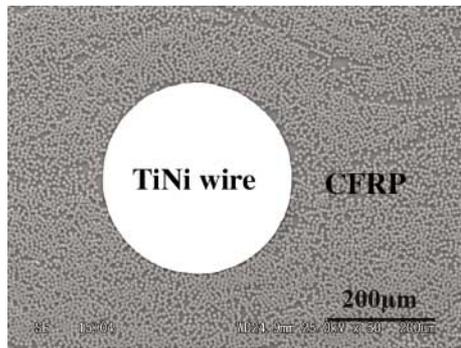


写真 開発したTiNi/CFRP複合材料の断面電子顕微鏡(SEM)写真

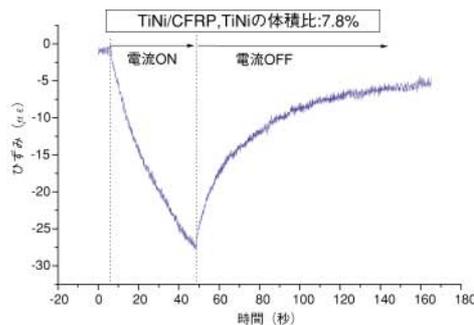
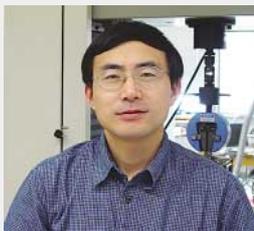


図 TiNiを通電加熱するとき、測定したTiNi/CFRP複合材料の収縮ひずみ変化



許 亜
ya-xu@aist.go.jp
スマートストラクチャー研究センター

関連情報

● Ya Xu, K. Otsuka, H. Yoshida, H. Nagai, R. Oishi, H. Horikawa, T. Kishi, *Intermetallics*, 10 (2002) 361-369.