

平成 22 年 5 月 26 日現在

研究種目： 基盤研究(B)
研究期間： 2007 ~ 2010
課題番号： 19360320
研究課題名(和文) 超高温における形状記憶効果の発現メカニズム解明による特性向上
研究課題名(英文) Improvement of shape memory effect for high-temperature shape memory alloys
研究代表者
御手洗 容子 (YAMABE-MITARAI YOKO)
独立行政法人物質・材料研究機構・環境・エネルギー材料萌芽ラボ・グループリーダー
研究者番号：10343881

研究代表者の専門分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学、構造・機能材料

キーワード：構造・機能材料、インテリジェント材料、形状記憶合金

1. 研究計画の概要

通常の金属材料は、外力を加えると変形前の形に戻らないが、「形状記憶合金」や「超弾性合金」は、変形後にある一定の温度以上に加熱、あるいは外力の除荷により、元の形状に回復する性質を持つ。これらはマルテンサイト変態に伴い発現する特性であるが、この特徴を生かして、歯科矯正などの医療分野、携帯電話のアンテナ、温度制御のアクチュエーター、パイプの継手、メガネのフレームなどの工業分野、などの広い分野で利用されている。しかし、これまで使用されている形状記憶合金はマルテンサイト変態温度が室温近傍のため、室温近傍でしか形状記憶・超弾性効果が発現しない。一方、近年、発電・化学反応プラント室内での機器作動状態の制御などに必要となる 500°C 以上の温度域で作動可能な変位型アクチュエータ・センサ材料やジェットエンジンやガスタービンの超高温部品として、高温形状記憶合金の利用が検討されている。しかし、高温で動作する形状記憶合金としては、これまで PdTi(520°C)、NiAl(700°C)、RuTa, RuNb(1000°C)などについて研究があるのみで、高温形状記憶合金に関する研究はまだ少なく、実用に耐えうる材料は開発されていない。

本研究では、我々が高温形状記憶合金として着目している Ti(Pt,Ir)化合物について、相変態、組織、形状記憶効果について調べ、高温形状記憶合金の設計指針を確立することを目的とする。

2. 研究の進捗状況

室温および 850°Cにて圧縮変形を行い、その後、マルテンサイト変態点以上に加熱するこ

とにより、残留歪みがどれだけ回復するか(形状記憶効果)を調べた。その結果、室温変形では最大 0.6%の回復歪み、850°C変形では最大 2%の回復歪みを示した。大きな回復を示したのは、Ti-12.5Pt-37.5Ir と Ti-25Pt-25Ir であった。これは、これまでに見いだされてきた RuNb などの高温形状記憶合金に匹敵する回復歪みであり、Ti(Pt, Ir)が高温形状記憶合金として有望であることを示している。

高温 X 線装置を用いた実験により、Ti(Pt, Ir)の 1300°Cまで結晶構造を明らかにした。その結果、マルテンサイト変態温度以上ではどの組成でも、TiPt と同様に B2 構相であることが明らかとなった。また、マルテンサイト変態以下の B19 構造の温度に対する格子定数変化を明らかにし、B2→B19 変態による体積歪みを計算した。TiPt は体積歪みが 2.5%となり、通常使われる TiNi より大きいことがわかった。そのため、変態中に不可逆な歪みが導入され、形状記憶効果が小さくなることが明らかとなった。Ir を添加することによって体積歪みが小さくなり、形状記憶効果が大きくなった。また、体積歪みが大きく、変態によって転位が導入されやすい TiPt では他の合金よりも大きな擬弾性を示したため、擬弾性を起こすためにはある量の転位の導入が必要であることが示された。以上の結果により、変態による体積歪みが形状記憶効果と深い関係があることが明らかとなった。

この結果から、適切な体積歪みを示す組成を見出すことによって、高温形状記憶合金として大きな歪み回復が可能な合金設計が可能であることが明らかとなった。

3. 現在までの達成度

- ② おおむね順調に進展している。
(理由)

高温での実験手法を確立し、まず、TiPtの高温形状記憶特性を明らかにし、その後、Ir添加の効果についても明らかにできた。これらの実験結果から高温形状記憶合金開発の設計指針を示すことができたため。

4. 今後の研究の推進方策

体積歪みを制御することによって、大きな形状回復が期待されることから、最終年度は、組成による体積歪みの変化を調べ、優れた形状記憶効果を示す組成を明らかにする。

具体的には、これまでTiを50at%に保ち、PtとIrを置換するような組成のみに着目してきたが、B2相はTiに対して広い組成範囲を示すため、Ti濃度を変化させることにより、変態温度、体積歪み、形状記憶効果がどのように変化するかについて検討する。

実用材として使用されているTiNiでは熱処理条件の違いによる組織変化によっても形状記憶効果が変わることが示されている。そこで、Ti(Pt, Ir)系化合物においても、熱処理による組織制御によって形状記憶効果が向上するかどうかについて調べる。具体的には熱処理温度を変え、走査電子顕微鏡(背面電子法)や透過電子顕微鏡により組織を観察し、生成するマルテンサイト組織に、双晶の幅や種類、生成するマルテンサイトヴァリアントの違いなど、変化が起きるかどうかを調べる。さらに、異なる熱処理を施した化合物の形状記憶特性を調べることにより、組織制御による形状記憶効果向上が期待できるかどうかについて検討を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Y. Yamabe-Mitarai, T. Hara, S. Miura, and H. Hosoda, Shape memory effect and pseudoelasticity of TiPt, Intermetallics, submitted. (提出中なので号数などはなし、査読有)
- ② C. Y. Cui, D. H. Ping, Microstructural evolution and ductility improvement of a Ti-30Nb alloy with Pd addition, J. Alloys Compounds, 471 (2009), 248-252. 査読有

[学会発表] (計3件)

- ① 御手洗容子、原徹、三浦誠司、細田秀樹, TiPtIrの擬弾性効果と形状記憶特性, 金属学会, 2010.3.30, 筑波大学
- ② Y. Yamabe-Mitarai, T. Hara, S. Miura, and H. Hosoda, Mechanical Properties of

High-Temperature Shape Memory Alloys, Ti(Pt, Ir), Thermec 2009, 2009.8.30, ドイツ、ベルリン

- ③ D. H. Ping, Martensitic twinning in Ni-free beta-type Ti shape memory alloys, 2nd International Conference on Smart Materials and Nanotechnology in Engineering, 2009.7.8-7.11, Weihai, China