

【基盤研究(S)】

理工系(工学)

研究課題名 構造用鉄系超弾性合金 —形状記憶材料の新展開—



東北大学・大学院工学研究科・教授 かいぬま りょうすけ
貝沼 亮介

研究課題番号: 15H05766 研究者番号: 20202004

研究分野: 工学

キーワード: マルテンサイト変態、整合析出、異常粒成長

【研究の背景・目的】

NiTiを始めとした既存形状記憶(超弾性)合金は、典型的な機能性材料として広く利用されている。一方、鉄系構造材料としては、極最近 FeMnSi 基形状記憶合金がビル用制震ダンパーとして実用されたが超弾性の報告は無い。近年、申請者らは、FeNiCoAlTaB および FeMnAlNi 合金系において、Fe 系で初めて優れた超弾性を見出した。(図1) 注目すべきは、これらが共に規則析出物を微細に整合析出させることで超弾性特性を得ていること、また、母相とマルテンサイト(M)相の結晶構造の関係が全く逆であるという点である。しかし、これら両合金系とも、異相の粒界析出による粒界脆化が容易に起こるので薄肉板材でしか良好な特性が得られず、殆ど実用化が進んでいないのが実情である。

そこで本研究では、超弾性合金を柔軟性や制震性の要求される新しい構造用材料として利用する道を開拓するため、FeNiCoAl 基系および FeMnAl 基系合金の持つ材料学的な問題点や不明点を明確にしつつ克服し、高性能で大型かつ低廉な超弾性部材の材料開発を目的とする。

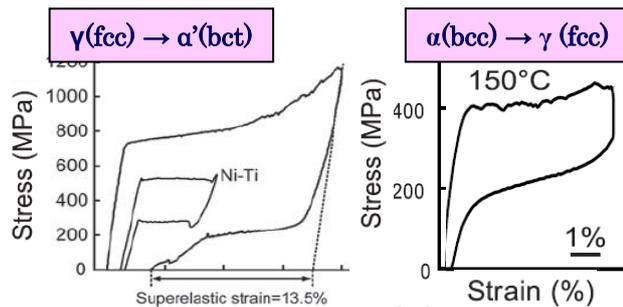


図1 FeNiCoAlTaB および FeMnAlNi 合金の超弾性特性

【研究の方法】

- 1) 粒界析出の抑制: 粒界析出を抑制するため、計算状態図を整備・利用することで粒界析出相の安定性が低い合金組成を探索する。
- 2) 整合析出制御: 規則析出物と母相との整合性やミスフィット量が、超弾性特性にどのような影響を示すか系統的に調査することで、繰り返し特性の向上を図る。
- 3) 結晶粒径および集合組織制御: 異常粒成長法や集合組織制御を利用して、大型部材でも良好な

超弾性特性を示す超粗大結晶粒組織を実現する。

- 4) 建築・機械部材への適用可能性評価: 建築・土木および機械・自動車部材への応用に必要な特性を調査し、用途を検討する。

【期待される成果と意義】

学術面: 本鉄合金はいずれも既存超弾性合金に見られる規則構造型ではなく、部分規則構造(整合析出)型である。本型による室温超弾性は他に例が無く、析出組織と超弾性特性の関係は全くの未知である。特に、整合析出物はマトリックスのマルテンサイト(M)変態により20%もの弾性歪を受けながらも整合性を保つ点が興味深い。(図2)

実用面: 現在、5%以上の“弾性”を持つ構造用部材は存在しない。実現すれば、接合部ファスナーから橋梁に至る柔軟構造部材、温度変化の激しい自動車用制振部材など、本材料の特性を生かした構造材料としての新しい用途が見込める。

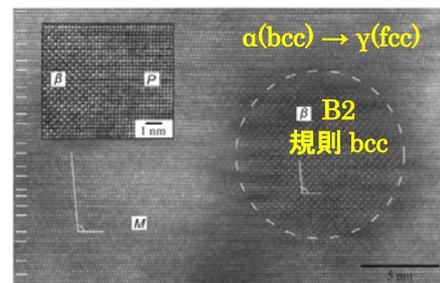


図2 FeMnAlNi 系M相中で変形する規則析出相

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Tanaka et al., Ferrous Polycrystalline Shape-Memory Alloy Showing Huge Superelasticity, *Science* 327 (2010) 1488
- Omori et al., Superelastic Effect in Polycrystalline Ferrous Alloys, *Science* 333 (2011) 68

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 154,100千円

【ホームページ等】

<http://www.material.tohoku.ac.jp/~seigyolab.html>
kainuma@material.tohoku.ac.jp