T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Ti-4Au-5Cr-8Zr 超弾性合金の開発とその変態挙動に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	篠原百合
Author(English)	Yuri Shinohara
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9823号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:細田　秀樹,小田原　修,舟窪　浩,稲邑　朋也,里　達雄,曽根　正人
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9823号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		篠原　百合	
論文審査 審査員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	細田　秀樹	教授	審査員	里　達雄	教授
	審査員	小田原　修	教授		曽根　正人	准教授
		舟窪　浩	教授			
		稲邑　朋也	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は,「Ti-4Au-5Cr-8Zr 超弾性合金の開発とその変態挙動に関する研究」と題し, 全 6 章から構成されている.

第 1 章「緒論」では, β-Ti 基形状記憶・超弾性合金のこれまでの開発経緯と問題点を述べ, 超弾性効果の発現機構から, より大きな超弾性変形を発現しうる合金の持つべき相変態について述べている. ここで, Ti に対し中性元素である Zr や Hf の添加は, 従来のβ相安定化元素である Nb や Mo 添加と異なり, β相を安定化させることなくマルテンサイト変態温度を低下できる可能性があることを述べ, これにより Ti-4Au-5Cr 合金への Zr 添加により, hcp 構造に近い格子変形の最大引張主軸歪みが 8%以上のマルテンサイト相を応力誘起できる超弾性合金が開発可能であることを示している. また, 弾性変形温度域や超弾性やマルテンサイト変態に及ぼす第二相の影響を調べる必要性を述べている.

第 2 章「Ti-4Au-5Cr 合金のマルテンサイト変態と格子変形の最大引張主軸歪みに及ぼす Zr 添加の影響」では, 実用形状記憶合金 Ti-Ni 単結晶の最大形状回復歪みに匹敵する 8%以上の格子変形の最大引張主軸歪みを有するα”マルテンサイトを, 室温にて応力誘起できるβ-Ti 超弾性合金を開発することを目的としている. そのために, 最大引張主軸歪みが 9.3%に近く, かつ逆マルテンサイト変態開始温度が 650 K 程度である Ti-4Au-5Cr 合金に着目し, Zr 添加によるマルテンサイト変態温度と格子変形の最大引張主軸歪みへの影響を調べ, また, 室温における超弾性挙動や応力誘起変態についても研究を行い, 目的とする特性を有する合金の開発の可能性について検討している. その結果, Ti-4Au-5Cr 合金に対する 8mol%の Zr 添加で, 8.5%の最大引張主軸歪みを有し, かつ室温にて応力誘起変態を起こす超弾性の開発に成功したことを述べている.

第 3 章「Ti-4Au-5Cr-8Zr 合金の内部組織と超弾性挙動に及ぼす焼鈍温度の影響」では, 第 2 章で開発した Ti-4Au-5Cr-8Zr 合金の構成元素である Au と Cr が Ti と Zr に対する共析元素であるため, 共析温度以下の焼鈍により第二相が形成するはずであり, それら第二相による材料強化や超弾性特性向上の期待が持てることを指摘している. これを検討するため, Ti-4Au-5Cr-8Zr の相構成, 内部組織, 集合組織, 超弾性特性に対して焼鈍処理温度が及ぼす影響について実験的に検討している. その結果, 焼鈍によって Ti_3Au が形成した試料は, すべり臨界応力が上昇し, 第二相が無い試料より超弾性による形状回復量が大きくなったことから, Ti_3Au の形成は超弾性特性の向上に有効であると結論している.

第 4 章「Ti-4Au-5Cr-8Zr 超弾性合金の変態誘起応力と変形温度の関係」では, 第 2 章で開発した Ti-4Au-5Cr-8Zr 超弾性合金の格子変形の最大引張主軸歪みが 8.5%であり, これは室温で超弾性を示す Ti-26Nb 超弾性合金の最大引張主軸歪み 2.9 %の約 3 倍にあたるため, Ti-4Au-5Cr-8Zr 合金の $d\sigma_{SIM} / dT$ 値

は Ti-26Nb 合金のそれの約 1/3 になることが予想され，超弾性発現温度範囲が拡大することが期待されることを述べている．これらを実験的に検証した結果，Ti-4Au-5Cr-8Zr では 240 K の温度幅で超弾性が発現し，これは Ti-26Nb 合金の超弾性温度幅である 100K よりも 2.4 倍程度広く，予想と一致したこと，および，Ti-4Au-5Cr-8Zr の $d\sigma_{SIM} / dT$ 値は 1.5 MPa / K であり，Ti-26Nb 合金のそれの 1/3 程度と，こちらも予想と一致したことを述べている．更に，冷却に伴いマルテンサイト誘起応力と逆変態応力が上昇するという，通常の形状記憶合金の応力誘起変態の温度依存性の逆の現象を見いだしたことを述べ，このような異常な応力誘起マルテンサイト変態の温度依存性を説明する機構を提唱している．

第 5 章「ω相を含む Ti-Au-Cr-Zr 合金の組織と変形挙動」では，第 4 章で見いだした冷却に伴いマルテンサイト誘起応力と逆変態応力が上昇するという現象が，本合金のβ-α”マルテンサイト変態に固有の本質的な現象であるのか，あるいはω相の生成に起因する非本質的な現象であるのかを解明するために，シャッフリング量が温度に寄らず一定である等温ω相を析出させた Ti-Au-Cr-Zr 合金を用い，マルテンサイト誘起応力の変形温度依存性を調べている．その結果，等温ω相を含む合金でも，非熱的ωを含む合金同様，冷却によりマルテンサイト誘起応力と逆変態応力が上昇することなどを見いだしている．これらの結果より，ω相のシャッフリング量の温度による変化は冷却に伴うマルテンサイト誘起応力の上昇に対して寄与せず，したがって本合金のβ-α”マルテンサイト変態に固有の本質的な現象である可能性が高いと述べている．

第 6 章「結論」では，本論文を総括し，本研究によって明らかになったこと，および，今後の研究方針について述べている．

これらを要するに本論文は，Zr のように Ti とα相とβ相の両方が全率固溶体を形成する元素を，Nb や Mo などのβ安定化元素を含まないβ-Ti 形状記憶合金に添加した場合，マルテンサイトの構造を bcc に近づけることなくマルテンサイト変態温度を低下できることを提案し，実際に良好な特性を有する超弾性合金を開発し，また，Ti_3Au 析出物の有効性や低温での変形温度の低下に伴うマルテンサイト逆変態応力の上昇という特異な現象を見いだしたものであり，工学上，工業上貢献するところが大きい．よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。