

氏名(本籍)	ムハンマド イムラン カーン (パキスタン)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第6412号			
学位授与年月日	平成25年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	Improvement of the High Temperature Shape Memory Properties of TiNiPdCu Alloys via Alloying Elements Modification and Microstructure Optimization (合金元素調整及び微細組織最適化による TiNiPdCu 合金の高温形状記憶特性の改善)			
主査	筑波大学教授	工学博士	宮崎修一	
副査	筑波大学教授	工学博士	木塚徳志	
副査	筑波大学准教授	工学博士	谷本久典	
副査	筑波大学准教授	工学博士	金熙榮	
副査	筑波大学講師	工学博士	古谷野有	

論文の内容の要旨

The main aim of the current study was to improve the high temperature shape memory characteristics of TiNiPd based high temperature shape memory alloys via quaternary alloying addition of Cu and microstructure optimization. Addition of Cu in equiatomic TiNiPd alloys, replacing Ni, improved the high temperature dimensional stability of the alloy due to the solid solution strengthening mechanism. The addition of Cu slightly increased the transformation temperatures but did not affect the thermal hysteresis of the alloy. In the cold rolled and annealed TiNiPdCu alloys an unexpected precipitation behavior was found. High densities of nano-scaled TiPdCu and Ti₂Pd type precipitates were observed to form in the annealed TiNiPdCu alloys. A precipitation mechanism of the combined precipitation of TiPdCu and Ti₂Pd type precipitates in the annealed TiNiPdCu alloys was proposed on the basis of various experimental techniques. It was found that the preferential nucleation of TiPdCu type precipitates at the heterogeneous nucleation sites of defects significantly disturb the Ti contents of the matrix which in turn promotes the formation of Ti rich Ti₂Pd type precipitates. The high densities of the above mentioned precipitates significantly increased the Ni contents of the matrix mainly due to the lower solubility of Ni in both the precipitates. The formation of nano-scaled precipitates of TiPdCu and Ti₂Pd types greatly improved the high temperature dimensional stability of the TiNiPdCu based high temperature shape memory alloys. These precipitates were found to be stable at temperatures higher than 773 K and were effective to stop the creep and recovery /recrystallization type processes which pose a real threat to the high temperature cyclic and dimensional stability of TiNiPd based high temperature shape memory alloys. Cu contents, annealing temperature and prior cold rolling ratio were found to be the main controlling parameters of the size, density and overall distribution of the precipitates. The density of the precipitates increased with the increasing Cu contents of the annealed TiNiPdCu alloys.

審査の結果の要旨

本論文は、第三元素としての Cu の添加と内部組織の調整により、TiNiPd 高温形状記憶合金の形状記憶特性を改善するものである。

本研究において、Cu 添加により高温形状記憶特性が改善できたが、その理由の 1 つは Cu の固溶体硬化機構によるものである。他の理由は、予期しない 2 種類の微細析出物が形成されたことによる析出硬化機構である。これらの 2 つの析出物は TiPdCu タイプと Ti_2Pd タイプである。これらの析出の形成される場所は、冷間加工により導入された転位等の格子欠陥の集まる場所である。また、析出物の量とサイズは、Cu 濃度と焼鈍温度に依存することも解明された。通常の強化機構である固加工硬化は回復・再結晶温度以上では機能しないため、高温域での安定した形状記憶効果は望めなかった。しかし、2 つの析出物は 773K 以上の高温域でも安定に存在するため、耐クリープ特性に優れ、高温域での形状記憶特性を安定化することに貢献することが分かった。100 度以上の温度域で使用できる、新しい高温形状記憶合金が開発されたことになり高く評価できる成果である。

以上、本論文にまとめられた結果は、TiNiPdCu 高温形状記憶合金の内部組織制御および特性改善技術の確立に大きく貢献するものである。

平成 25 年 2 月 14 日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。