

Title	照射環境下におけるTi-Ni系形状記憶合金の特性及び応用に関する研究
Author(s)	星屋, 泰二
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46989
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ほしやないじ 星 屋 泰 二
博士の専攻分野の名称	博士 (工 学)
学位記番号	第 20564 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	照射環境下における Ti-Ni 系形状記憶合金の特性及び応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西川 雅弘 (副査) 教授 飯田 敏行 教授 兒玉 了祐 教授 田中 和夫 教授 西原 功修 教授 三間 囿興

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高エネルギー中性子照射等の極限環境における Ti-Ni 系形状記憶合金の機能特性に及ぼす問題点を解決するために、Ti-Ni 系合金の変態特性を中性子照射量、照射速度及び環境温度をパラメータとして実験し、変形挙動をもとに損傷回復現象を見出すとともに、中性子照射環境下での同合金の使用可能性を検討した。

第 1 章では、材料試験炉 (JMTR) を用いた中性子照射研究における照射試験及び照射後試験の位置づけと開発経緯について概説し、本論文の目的と構成について述べた。

第 2 章では、中性子照射後の機能試験法の開発が重要であり、変態特性を評価するための電気抵抗測定装置及び実用機能評価の観点からの継手内径測定装置の特徴について述べた。

第 3 章では、高放射線場と水との環境効果として重要な水素含有量の影響を評価し、Ti-Ni 系合金のマルテンサイト変態開始温度 (M_s 温度) が低下する変態遅滞効果が生じ、母相の格子歪、残留母相量、界面エネルギー、マルテンサイト相の変形応力及び変態誘起応力が增大することを実験から述べた。

第 4 章では、JMTR における中性子照射実験結果から Ti-Ni 系合金の M_s 温度は 100 K に低下する変態遅滞効果を示す一方、マルテンサイト変態の前駆現象に起因する R 相変態の照射効果は極めて小さいことを考察し、温度 523 K において時間 3.6 ks の照射後焼鈍によって照射損傷が回復することを実験から述べた。

第 5 章では、上記の中性子照射によって、Ti-Ni 系合金は、高歪状態かつ照射誘起擬弾性を示す特異な変形挙動を呈し、J 積分理論に基く弾塑性破壊靱性値 J_{Ic} は大きく低下することから、これらは、照射後焼鈍 (473 K~573 K) によって J_{Ic} 値について未照射時の約 75% まで、520 K 照射によって損傷後 (~1.3 dpa) においても未照射時の 80% まで戻ることについて考察し、520 K 照射が照射後焼鈍よりも変形挙動に関する損傷回復に有効であることを実験から述べた。

第 6 章では、照射パラメータの影響について整理を行った。照射温度に関し、323 K 照射では 10^{-2} dpa を超えると M_s 温度低下量は 200 K を越える一方、520 K 照射での M_s 温度変化は小さく損傷回復が顕著となること、フルエンスに関しては高フルエンス照射 (10^{25} m^{-2} ($E > 1$ MeV)) では母相の規則構造が崩れることが分った。以上のことより、Ti-Ni 系合金の機能特性の閾値は照射温度 323 K、損傷 10^{-2} dpa であり、照射損傷による不規則化 (323 K 以下) と空孔移動により促進される規則化 (520 K 以上) が同時生成し損傷回復が生じることを実験と計算解析から述べた。

第7章では、簡便かつ迅速に Ti-Ni 系合金の照射下供用条件を導出するため、照射下の規則-不規則変態理論に基づく照射下状態ダイアグラムを考案し、その適用により、長期間に及ぶ実施が不可欠とされる膨大な照射試験、照射後試験及び解析評価を大幅に短縮できることを述べた。

第8章では、本研究の結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

高エネルギー中性子照射等、極限環境における Ti-Ni 系形状記憶合金の機能特性に及ぼす問題点を解決するために、中性子照射量、照射速度及び環境温度をパラメータとして実験し、照射環境下における特性と応用に関する研究として以下の結果を得ている。

- (1) 高放射線場と水との環境効果として重要な水素含有量の影響について、水素含有量の増加とともに Ti-Ni 系合金のマルテンサイト変態開始温度 (M_s 温度) が低下する変態遅滞効果は、母相格子歪の増大に起因し、残留母相量の増大、母相とマルテンサイト相間の界面エネルギーの増大、マルテンサイト相の変形応力及び変態誘起応力の増大及び稜面体相 (R 相) 兄弟晶の再配列を引き起こすことを明らかにしている。
- (2) Ti-Ni 系合金の M_s 温度は、材料試験炉における中性子照射条件 (照射温度 323 K, 速中性子フルエンス ($E > 1$ MeV) $\sim 10^{24} \text{ m}^{-2}$) において照射後に 100 K に低下する変態遅滞効果を示す一方、マルテンサイト変態の前駆現象に起因する R 相変態開始温度 (T_R 温度) の低下量は 1~7 K であり R 相変態の照射効果は極めて小さいことを考察し、照射誘起された変態特性は、温度 523 K において時間 3.6 ks の照射後焼鈍によってほぼ消失し、損傷回復が生じることを実験から実証している。
- (3) Ti-Ni 系合金の室温時破断応力は、照射前の約 3 倍 (1300~1700 MPa) になる高歪状態を呈し、照射誘起擬弾性を示すものの、変態擬弾性及び形状記憶効果は出現しない。一方、低下した弾塑性破壊靱性値 J_{1c} は照射後焼鈍 (473 K~573 K) によって未照射時の約 75% まで上昇し、さらに 520 K 照射では、損傷後 ($\sim 1.3 \text{ dpa}$) においても未照射時の 80% まで戻ることについて考察し、520 K 照射が照射後焼鈍よりも変形挙動に関する損傷回復に有効であることを実験から実証している。
- (4) 照射温度に関し、323 K 照射では 10^{-2} dpa を超えると M_s 温度低下量は 200 K を超える一方、520 K 照射での M_s 温度変化は小さく損傷回復が顕著となること、フルエンスに関し、高フルエンス照射 (10^{25} m^{-2} ($E > 1$ MeV)) では母相の規則構造が崩れることより、Ti-Ni 系合金の機能特性の閾値は照射温度 323 K, 損傷 10^{-2} dpa であり、照射損傷による不規則化 (323 K 以下) と空孔移動により促進される規則化 (520 K 以上) が同時生成し損傷が回復することを実験と解析から実証している。
- (5) 簡便かつ迅速に Ti-Ni 系合金の照射下供用条件を導出するため、照射下の規則-不規則変態理論に基づく照射下状態ダイアグラムを考案し、その適用により、長期間に及ぶ実施が不可欠とされる照射試験、照射後試験及び解析評価を大幅に短縮できる可能性を明らかにしている。

以上のように、本論文は、照射環境下における Ti-Ni 系形状記憶合金の特性を研究し、照射挙動に及ぼす中性子照射パラメータの影響を実験的に解析するとともに、照射環境下における供用試験法を明らかにしている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。