

Title	3元系形状記憶合金における構成元素原子位置のALCHEMI法による決定
Author(s)	中田, 芳幸
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3088054">https://doi.org/10.11501/3088054</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名	中 田 芳 幸
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 10055 号
学位授与年月日	平成4年2月25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	3元系形状記憶合金における構成元素原子位置のALCHEMI法による決定
論文審査委員	(主査) 教授 清水 謙一
	(副査) 教授 佐分利敏雄 教授 山本 雅彦 教授 馬越 佑吉

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、最近機能性材料として注目されている形状記憶合金の構成元素原子位置が変態温度などの形状記憶特性に及ぼす効果を明らかにするため、ALCHEMI法と呼ばれる手法によって構成元素原子位置を決定した結果をまとめたものであり、以下の11章からなる。

第1章では、本論文の主要研究対象である形状記憶合金について簡単に概観した上で、形状記憶合金の結晶構造に関して構成元素の原子位置が完全には解明されていないことを指摘して、本研究の目的を明らかにした。

第2章では、本研究の主要測定手段であるALCHEMI法の特徴について述べた。

第3章では、ALCHEMI法の測定精度に及ぼす因子のうちの熱散漫散乱効果を定量的かつ詳細に調べ、ALCHEMI法における最適な実験条件を明らかにした。

第4章では、形状記憶合金の代表的な1つであるCu-Al-Ni合金にALCHEMI法を適用し、Niの原子位置が熱処理によらずAl原子の最近接格子点に位置することを明らかにした。

第5章では、Au-Cu-Zn形状記憶合金における母相の結晶構造を調べ、Zn原子はbcc格子の体心の位置（サイトII）を、またAuとCuは体隅位置を交互に（サイトI，サイトIII）占めていることを明らかにした。

第6章では、第5章で扱ったAu-Cu-Zn形状記憶合金におけるマルテンサイト時効中の結晶構造変化を調べて、マルテンサイト時効の間にサイトIIIに存在していたCu原子の20%程度がサイトIのAu原子と入れ替わっていることを明らかにし、この変化が逆変態温度の上昇や双晶擬弾性の発現と関連していることを指摘した。

第7章では、Cu-Zn-Al形状記憶合金のマルテンサイト時効にともなう原子位置の変化を調べ、この系ではAu-Cu-Zn合金の場合と異なり、サイトIIのCuとサイトIIIのZnの間で原子の交換が生じていることを明らかにした。

第8章では、Ti-Ni-X形状記憶合金の微量添加元素X (Co, Fe, Cr, MnまたはCu, 2~3 at%)の原子位置を調べ、CoとFeは合金の組成にかかわらずNiサイトを占めるが、Cr, MnおよびCuは合金組成によって原子位置が異なること、すなわち、MnとCuは $Ti_{50}Ni_{50-x}X_x$ の組成ではNiサイトを、また $Ti_{50-x}Ni_{50}X_x$ の組成ではTiサイトを占め、またCrは前者の組成ではNiサイトを、後者の組成ではNiサイトとTiサイトの両方を占めることを明らかにした。

第9章では、第8章で明らかにしたX元素原子位置のALCHEMI測定結果を熱力学的に解析し、エントロピーを考慮したBragg-Williams近似でよく理解できることを示した。

第10章では、Ti-Ni-X合金における添加元素Xの占有サイトと $M_s$ 温度との関連性について調べ、Niサイトへ優先的に入りやすいCo, Fe, Crを $Ti_{50-x}Ni_{50}X_x$ の組成で添加したとき、 $M_s$ 温度が急速に低下することなどを明らかにした。

第11章では、本研究で得られた結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

最近、形状記憶合金は機能性材料の1つとして注目されているが、その種々の合金系において各構成元素の原子位置を明らかにすることは、それら合金系の形状記憶特性をさらに向上、改善する上で非常に重要である。本論文はかかる見地から、最近注目され始めたALCHEMI (Atom Location by Channelling Enhanced Microanalysisの略)法を用いて、典型的な形状記憶合金であるCu基 $\beta$ 相合金とTi-Ni-X合金について構成元素の原子位置を決定し、変態温度との関連性を詳細に検討したものであり、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) ALCHEMI法における最適な実験条件を結晶内電子線の動力学的解析により明らかにしている。
- (2) Cu系形状記憶合金については、母相およびマルテンサイト相状態の時効にともなう変態温度の変化がその構成元素の原子位置の変化に関連していることを明らかにしている。すなわち、Cu-Al-Ni合金の場合の母相時効にともなう $M_s$ 温度の上昇はCuとAl原子の規則化により、またAu-Cu-Zn合金のマルテンサイト時効にともなう $A_s$ 温度の上昇はCuとAuの間での拡散により、さらにまたCu-Zn-Al合金のそれはCuとZnの間での拡散によることなどを明らかにしている。
- (3) Ti-Ni-X形状記憶合金については、第3元素Xの原子位置が元素の種類や合金の組成によって異なることを明らかにしている。それらの結果は、Bragg-Williams近似で理解できることを示し、さらに、Niサイトを優先的に占有しやすいCo, Fe, Crの各元素を含む合金は共通した変態温度の変化を示すことを明らかにしている。

以上のように、本論文は各種形状記憶合金の構成元素の原子位置をALCHEMI法によって決定し、

それらの合金のマルテンサイト変態温度が構成元素の原子位置と密接に関連していることを明らかにしている。さらにALCHEMI法の測定精度についても詳しく検討しており、材料物性学および材料評価法の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものとして認める。