

新機能Co基合金—その相安定性と工業材料への展開—

New Functional Co-base Alloys

- Phase Stability and Its Industrial Applications -

石田 清仁 (KIYOHITO ISHIDA)

東北大学・大学院工学研究科・教育研究支援者



研究の概要 Co基合金の状態図について実験ならびに熱力学的解析を行いCo基熱力学・状態図データベースを世界に先駆けて構築する事を第一の目標とする。本研究グループが初めて見出したL1₂構造の金属間化合物Co₃(Al, W)を分散させたCo基合金について、組織設計のための基礎データを採取するとともに高温特性を調査し、高温強度に優れた超耐熱合金を開発するための基礎研究を行う。また、Co-Cr、Co-Mo、Co-W各系をベースに2相分離挙動と磁気特性について調査するとともに更に記録密度の高いCo基薄膜の作成に挑戦する。一方、Co合金の表面に微細な凹凸を有するポーラス合金を作成し、薬剤を塗布した血管拡張用ドラッグステントを開発するための組織制御とその作成法について研究する。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造・機能材料

キーワード：新機能材料、状態図、データベース、耐熱合金、磁気記録材料、生体材料

1. 研究開始当初の背景

Co基合金は耐熱・耐食材料や磁性材料、さらに生体材料として広く使用されており、構造及び機能材料として実用的に重要であるが、その合金設計を行う為の最も基本となる状態図についての研究が他の合金系に比べ非常に少ない。

2. 研究の目的

(1)Co基合金の状態図について実験ならびに熱力学的解析を行いCo基熱力学・状態図データベースを世界に先駆けて構築する。

(2)本研究グループが初めて見出したL1₂構造の金属間化合物Co₃(Al, W)を分散させたCo基合金について、組織設計のための基礎データを採取するとともに高温特性を調査し、高温強度に優れた超耐熱合金を開発するための基礎研究を行う。

(3)Co-Cr、Co-Mo、Co-W各系をベースに2相分離挙動と磁気特性について調査するとともに更に記録密度の高いCo基薄膜の作製に挑戦する。

(4)Co基合金の表面に微細な凹凸を有するポーラス合金を作製し、薬剤を塗布した血管拡張用ドラッグステントを開発するための組織制御とその作成法について研究する。

3. 研究の方法

(1)Co合金の2元系及び3元系の状態図

を実験的に決定し、その結果を熱力学的解析してデータベースを構築する。

(2)Co合金のγ'相を含んだ合金を設計しクリープ特性を始め各種高温特性を調査する。

(3)Co-Cr、Co-Mo、Co-W基薄膜を作製し、磁気記録媒体を支配する組織因子を明らかにする。

(4)γ/β層状組織を表面に形成するための組成及び熱処理法案について検討する。

4. これまでの成果

(1)Co基状態図データベースの構築

Co-W、Co-Moの各2元系、及び各種Co-W-X3元系、Co-Mo-X各3元系をEPMAやDSC等を用いて実験的に決定した。さらにCo-W-Ge、Co-W-Ta、Co-W-Nb、Co-Mo-Al、Co-Al-Taにおいて準安定γ'相(L1₂構造)を発見した。

以上の実験状態図を基にCALPHAD法による熱力学解析を行い、Co-Ni-Al-W-Cr系が計算可能となった。

(2)Co基スーパーアロイの研究

Co-Al-W3元系における基礎特性として、状態図情報に基づいて設計したγ'体積分率を変化させた合金で高温強度特性やγ'相の固溶度線、格子定数と格子整合性を明らかにした。Co-Al-W合金は図1に示すように強度の逆温度依存性を示し、特により高温域で

Ni 基超合金を超える高い高温強度が得られた。また、粒界強化のために C、B、Hf、Zr のマイクロアロイング効果を調査し、適量の B、C の添加が劇的に粒界強度を向上させ、脆性破壊を延性破壊へと遷移させることに成功した。なおこの特性を摩擦攪拌接合 (FSW) ツールに適用し、図 2 に示すように鉄鋼材料やチタンの接合が良好に行えることを確認した。

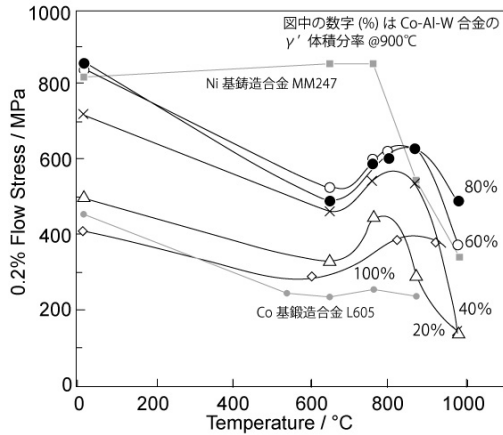


図 1 Co-Al-W 合金の高温強度

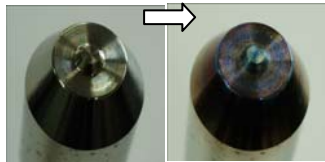


図2 FSWしたTi合金とCo合金ツールの試験前後の外観

(3) Co 基磁気記録媒体の研究

Co-W 合金薄膜について、磁気異方性に及ぼす RuCr バッファ層の影響について調査した。RuCr バッファ層の格子定数は Cr の増加に伴い減少することが分かった。磁気異方性は格子定数比 c/a と強い相関があり、 c/a の低下に伴い hcp-Co の磁気異方性定数 K_u は 10^6 J/m^3 のオーダーまで増大し Co-Pt および Co-Pd 薄膜についても同様な傾向を示すことが判った。

(4) Co 基生体用ポーラス材料の研究

Co-Al 系合金で得られる γ/β 層状組織を利用した生体用ポーラス材料の研究として、組成や熱処理条件、Cr、Ni 等の添加元素がマイクロ組織に及ぼす影響について明らかにした。Co-Al 2 元系合金において第 2 相である β 相の不連続析出に関する速度論的知見が得られ、層状組織を得るための最適な組成、熱処理条件がわかった。

5. 今後の計画

- (1) Co-Ni-Al-W-Cr-Mo-Ta の多元系 Co 基合金の相平衡や熱力学的性質が計算できるデータベース構築を目指す。
- (2) 現用の Ni 基スーパーアロイを超える Co 基超耐熱合金の開発を目指す。さらに FSW ツールとして良好な特性を有する事がわかったのでその実用化に挑戦する。
- (3) 良好な磁気記録媒体を得る為に基板、成膜条件、薄膜組成との関係について調査する。
- (4) マイクロポーラス構造のサイズ、深さ等を制御するための熱処理条件等を検討する。

6. これまでの発表論文等

[雑誌論文] (計 22 件)

1. K. Ishida, "Intermetallic Compounds in Co-Base Alloys-Phase Stability and Application to Superalloys", Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 1128, (2009) U06-06.
2. K. Shinagawa, T. Omori, K. Oikawa, R. Kainuma and K. Ishida, "Ductility enhancement by boron addition in Co-Al-W high-temperature alloys", Scripta Mater. 61, (2009) 612-615.
3. J-J. Wang, T. Sakurai, K. Oikawa, K. Ishida, N. Kikuchi, S. Okamoto, H. Sato, T. Shimatsu and O. Kitakami, "Magnetic anisotropy of epitaxially grown Co and its alloy thin films", J. Phys: Condens. Matter 21, (2009) 185008-13.

他 19 件

[学会発表] (発表件数 35 件)

1. K. Ishida, "L1₂ Compound in Co-base Alloys", Thermec 2009, 2009/8/26, Berlin, Germany.
2. K. Ishida, "Intermetallic Compounds in Co-base Alloys-Phase Stability and Application to Superalloys-", MRS, 2008/12/1, Boston, USA.

他 33 件

[受賞]

- ・第 4 回本多フロンティア賞
「マイクロ組織設計による先端技術の開発」
2007 年 5 月 11 日

[新聞発表]

- ・日刊工業新聞：平成 22 年 3 月 29 日
「融点高い金属を接合
東北大と日立 FSW ツール開発」
- ・日経産業新聞：平成 22 年 3 月 31 日
「硬い金属 溶かさず接合
日立・東北大が器具 摩擦熱で柔らかく」
- 他 日刊産業新聞、電気新聞、化学工業日報：平成 22 年 3 月 29 日

ホームページ等

<http://www.material.tohoku.ac.jp/jp/labs/metal03.html>