

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19206075

研究課題名(和文) 長周期型マグネシウム合金に関する材料科学の深化と応用

研究課題名(英文) Research and development of novel magnesium alloys with long-period stacking ordered structure

研究代表者

河村 能人 (KAWAMURA YOSHIHITO)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：30250814

研究代表者の専門分野：金属工学

科研費の分科・細目：材料工学、構造・機能材料、強度・靱性・破壊・疲労・クリープ・応力腐食割れ・超塑性・磨耗

キーワード：マグネシウム合金，材料加工・処理、構造・機能材料、環境材料、金属物性、金属生産工学、長周期積層構造

1. 研究計画の概要

長周期積層構造型 Mg 合金の基礎研究を、構造解析、形成メカニズム解明、特性解明、高性能合金の創製の面から推進し、長周期積層構造型 Mg 合金の体系化を試みる。

(1) 長周期積層構造相の構造解析

長周期積層構造相には 18R, 10H, 14H, 24R 等の多相が存在することを明らかにしている。そこで既に見出されている合金群の原子配列構造は溶質原子の存在形態等を詳細に調査して、長周期積層構造の体系化を図る。

(2) 長周期積層構造相の形成メカニズム解明

これまでに Mg-(Zn, Ni, Co, Cu)-(Y, Gd, Dy, Ho, Er, Tb, Tm)合金で長周期積層構造相が形成されること、また鋳造時に長周期積層構造相が形成される合金(タイプ I)と鋳造後の高温熱処理によって長周期積層構造相が析出する合金(タイプ II)の二種類に分類されることを見出しているが、その形成メカニズムは不明である。そこで、長周期積層構造相が形成される新しい合金成分を調査するとともに、鋳造時と熱処理時における長周期積層構造相の形成メカニズムを解明し、形成のクライテリアの体系化を行なう。

(3) 長周期積層構造相の特性解明

長周期積層構造相型 Mg 合金は鋳造した状態では平凡な機械的性質しか示さないが、高温で塑性加工することによりキンクバンドが形成されて機械的性質が著しく向上することを見出しているが、その詳細は不明である。そこで、長周期積層構造相型 Mg 合金の強化メカニズムの解明や変形・破壊メカニクスの

解明をマルチスケールでおこなうことにより強化機構の体系化を試みる。

(4) 長周期積層構造相他が高性能 Mg 合金の材料創製

鋳造塑性加工法、鋳造熱処理法、粉末冶金法等の作製プロセスを対象に、それぞれに適した合金成分の探査とプロセス条件の確立を行ない、高強度のマグネシウム合金を開発するための指針を確立する。また、開発合金の各種機械的特性、加工特性、耐食性を調査する。

2. 研究の進捗状況

(1) 長周期積層構造相の構造解析

長周期積層構造相には 18R, 10H, 14H, 24R の既知の構造以外に 15R 構造があることが明らかになり、その積層周期を明らかにしつつある。

(2) 長周期積層構造相の形成メカニズム解明

Mg-X-(Y, Gd)合金を対象に、長周期積層構造相が形成される合金系を探査した結果、Mg-Co-Y 合金において形成される長周期積層構造は、新しい 15R 構造であることを明らかにした。また長周期積層構造相を形成する溶質元素の条件を、Mg 金属元素との原子半径差、混合エンタルピー、Mg 金属への固溶限で表現し、クライテリアとして提案した。

(3) 長周期積層構造相の特性解明

長周期積層構造相の体積分率が押出加工材の機械的特性(室温および高温)

と組織の押出速度依存性に及ぼす影響を調査し、長周期積層構造相の体積分率の増加に伴って押出加工材の室温のみならず高温での強度が増加することがわかった。

(4) 長周期積層構造相他が高性能 Mg 合金の材料創製

長周期積層構造相型 Mg-Zn-Y 合金に、Al を微量添加することにより耐食性が大きく向上することや、La を微量添加することにより高温クリープ特性が大きく向上することがわかった。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

長周期積層構造の最密充填面の原子配列構造の解析が遅れているものの、その他の項目については、研究計画を前倒しして進めている。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 長周期積層構造相型合金の新合金組成探査と形成メカニズムの解明を継続するとともに、熱力学計算の専門家との連携を図り、長周期積層構造相形成メカニズムの体系化を試みる。

(2) 長周期積層構造相型 Mg 合金の強化メカニズムの解明ならびに変形・破壊メカニクスの解明を継続するとともに、その体系化を試みる。塑性変形のシミュレーション分野の専門家との連携を図りつつ研究を推進する。

(3) 長周期積層構造相他が高性能 Mg 合金の材料創製を実用化の可能性を検討する大型装置実験に繋げる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 18 件)

Plastic deformation behavior of Mg₈₉Zn₄Y₇ extruded alloy composed of long-period stacking ordered phase: K. Hagihara, A. Kinoshita, Y. Sugino, M. Yamasaki, Y. Kawamura, H. Y. Yasuda, Y. Umakoshi: *Intermetallics*, 査読有, 18 (2010) 1079-1085.

Formation of 14H long period stacking ordered structure and profuse stacking faults in Mg-Zn-Gd alloys during isothermal aging at high temperature: M. Yamasaki, M. Sasaki, M. Nishijima, K. Hiraga, Y. Kawamura: *Acta Materialia*, 査読有, 55 (2007) 6798-6805.

Formation and Mechanical Properties of Mg₉₇Zn₁RE₂ Alloys with Long Period Stacking Ordered Structure: Y. Kawamura, M.

Yamasaki: *Materials Transactions*, 査読有, 48 (2007) 2986-2992.

〔学会発表〕(計 63 件)

High-Strength Mg-TM-RE Alloys With Long Period Stacking Ordered Structure: Y. Kawamura: *Thermec2009*, August 25-29, 2009, Berlin, Germany.

〔図書〕(計 1 件)

河村能人(共著): シーエムシー出版: ナノマテリアルの応用開発: 2008: 総ページ数 321 (共著 pp.196-200)

〔産業財産権〕

出願状況(計 20 件)

名称: マグネシウム合金およびその製造方法

発明者: 河村能人、山崎倫昭

権利者: 熊本大学

種類: 特許権

番号: 特願 2010-066476

出願年月日: 2010 年 3 月 23 日

国内外の別: 国内

取得状況(計 4 件)

名称: 高強度高靱性金属及びその製造方法

発明者: 河村能人、山崎倫昭

権利者: 河村能人

種類: 特許権

番号: 特許第 4139841 号

取得年月日: 2008 年 6 月 13 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

<http://www.msre.kumamoto-u.ac.jp/~kankyo/index-j.htm>