
ナノスケール組織制御によるハイブリッド新材料の創製に関する研究

研究代表者 理工学研究部(工学) 池野 進

(1)プロジェクトの背景・目的

軽量合金は地球環境保全の立場から、材料輸送時のエネルギー消費の低減、軽量材料を使用することによる自動車や鉄道車両などの軽量化による燃費向上など波及効果が大きいと考えられている。とくにアルミニウム合金は富山県の地場産業でもあり、日本国内で年間生産30万トンの市場である。この市場に対して新しい合金を開発していくことで、地域産業の活性化をも促すことを目的として、本年度から3カ年の計画で、(1)低価格化:高価な粒子や元素の有効活用、(2)高性能化:高充填化、高スペックの達成、(3)起業準備:電頭関連メーカーとの折衝を実施して、前年度までのプロジェクトを継承し、より高い信頼性を持つ軽量材料の開発とその性能評価法を目指す。

(2)研究成果

【高延性・高強度軽量合金の開発】

従来、アルミサッシには6000系と呼ばれるAl-Mg-Si系アルミニウム合金を使用してきた。またこの合金は近年自動車用アルミ合金として注目されている。また、従来のアルミサッシにおいても、短時間の熱処理で十分な強度が得られる合金が求められている。この合金の機械的性質の改善方法として、従来は加工と熱処理の組み合わせや添加元素による方法がとられてきた。しかし、例えば加工と熱処理の組み合わせにおいては、実操業の工程を変える必要があり、大きな設備投資を伴うため、基本的に望まれない。研究グループは、6000系アルミ合金に原子状態で完全に溶けこみ、かつ実操業上も従来のAl-Mg-Si合金と同様に扱うことができること、さらに中間相の構造を母相と整合性を保つと推測される元素を適正な配合比で添加することで、両原子の添加の効果を最大限引き出すことに成功し、特許出願した。(図1参照) 強度と伸びが同時に改善されたとともに、熱処理時の強度の上昇速度も促進されており、焼付け硬化性など、短時間での熱処理も可能となる。今後は開発材料のナノ組織が最適化されていることの実証と、さらなる信頼性の向上を目指す予定である。本研究は、ノルウェー政府の環境負荷低減プロジェクトの一環として、ノルウェー科学技術大学との共同研究としても行われる予定である。

【多機能性軽量複合材料の開発】

超伝導特性を持つ MgB_2 粒子を分散させたアルミニウム基複合材料について、表面の絶縁と、表面に露出している MgB_2 粒子の酸化防止を目的として、今年度はアドバンスド・ゾルゲル法により、複合材料表面に TiO_2 薄膜を形成することを目指した。図2は得られた試料の光触媒活性を測定した結果である。同様の方法で純Al板材の表面に作製した TiO_2 薄膜の特性に劣らない性質が発現していることがわかった。今後は、膜表面の微細な割れなどを防ぐ製膜条件の把握と最適化を行う予定である。また、本研究の基本である MgB_2/Al 複合材料の作製方法は、本年度に特許となった。

[ナノ構造解析に対する走査型電子顕微鏡法による解析手法の確立]

昨年度までの本プロジェクトではチェコ科学アカデミーLudek Frank 教授らとの共同研究により低エネルギー電子の検出器(SLEEM)を開発、日本国内初の作製に成功している。今年度からは引続きそのアプリケーションとデータベースの構築、さらに起業に向けた準備を行う。図3は試験的に作製した、複数のホウ化物粒子を含むAl基複合材料の観察結果とEDSマッピングの結果である。ホウ化物粒子は、結晶構造が同じ AlB_2 タイプの MgB_2 , AlB_2 , TiB_2 と ZrB_2 である。図中の□で囲った5 keVで観察したときのSLEEM像で、各粒子のコントラスト差が最も強く現れていることがわかった。今後は、構成原子の違いによるこれら画像強度の理論計算を行う予定である。

(3)プロジェクト成果（特許，起業，技術移転等）

[特許出願等実績]

特許 4125272 号「 MgB_2 -Al 複合材料」池野 進、松田 健二、西村 克彦、森 克徳、寶地 戸道雄、成田 政義、2008 年 5 月 16 日

特願 2008-310450、「アルミニウム合金」松田 健二、池野 進、川畑 常眞、西田 洋好、平成 20 年 12 月 5 日

[公表論文等]

1. Fabrication of extruded wire of MgB_2 /Al composite material and its superconducting property and microstructure, Kenji Matsuda, Katsukiko Nishimura, Susumu Ikeno, Katsunori Mori, Shigeki Aoyama, Yukinobu Yabumoto, Yoshimitsu Hishinuma, Ilona Mullerova, Ludek Frank, Vitaliy V. Yurchenko and Tom H. Johansen. Journal of Physics, 97, 012230 (6 pages), 2008.
2. Effect of Deposition Conditions on the Structure and Properties of CrAlN Films Prepared by Pulsed DC Reactive Sputtering in FTS Mode at High Al Content, S. Khamseh, M. Nose, T. Kawabata, A. Saiki, K. Matsuda, K. Terayama and S. Ikeno, MATERIALS TRANSACTIONS, 49, 2082-2090, 2008.
3. Nanostructured CrAlN Films Prepared at Different Pulse Widths by Pulsed DC Reactive Sputtering in Facing Target Type System, S. Khamseh, M. Nose, S. Ueda, T. Kawabata, T. Nagae, K. Matsuda and S. Ikeno, MATERIALS TRANSACTIONS , 49, 2737-2742, 2008.
4. [Invited] PRECIPITATION IN Al-Mg-Si-Ag ALLOYS, K. Matsuda, J. Nakamura, T. Kawabata, T. Sato and S. Ikeno, XIII Conference on Electron Microscopy, Zakopane, Poland, 8-11, June, 2008.

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

1. 次世代の自動車等、高信頼性が要求される軽量合金と、多機能軽量合金の開発を展開する予定である。また核融合炉への応用を考慮した NIFS との共同研究を実施する予定である。

さらに、環境負荷低減を目指したノルウェー科学技術大学との低燃費化材料の開発研究にも取り組む。

2. SLEEM 検出器においては、今後データベースの構築とアプリケーションの充実を図り、引き続き各種実機への装着のための研究と、起業を展開していく予定である

(5)利用施設 SQUID, 年 10 回程度。

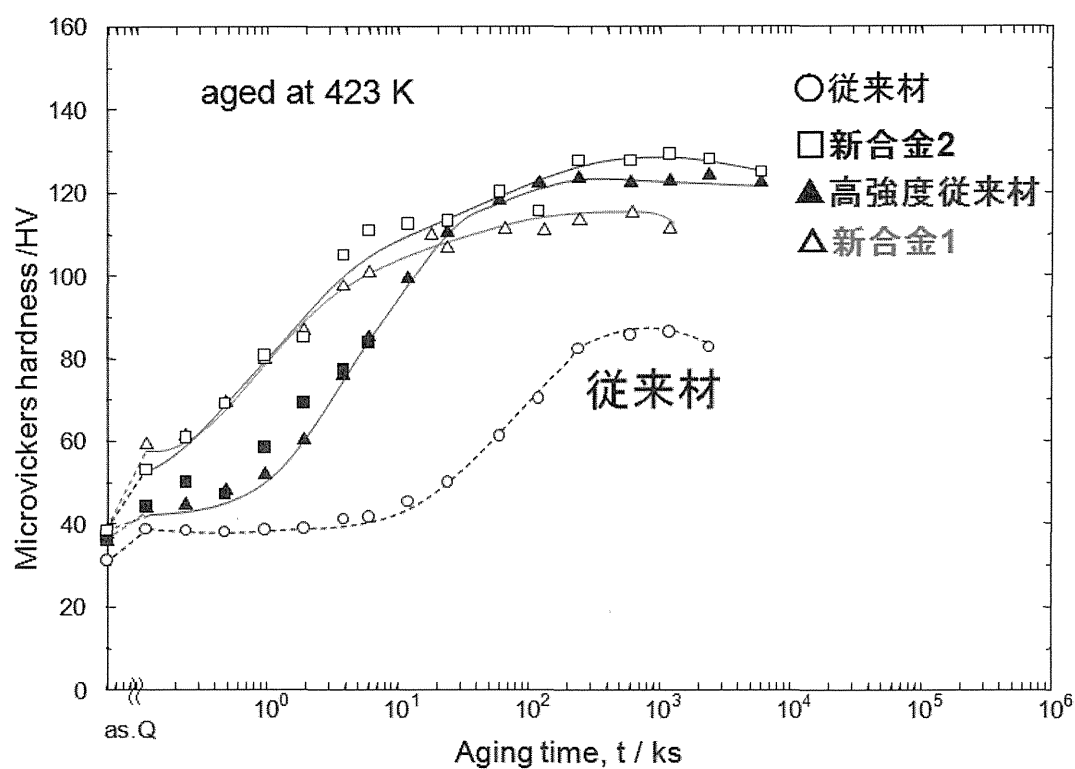


図 1. 開発した新合金(1)と(2)を 423K で時効した時の硬さ変化曲線。

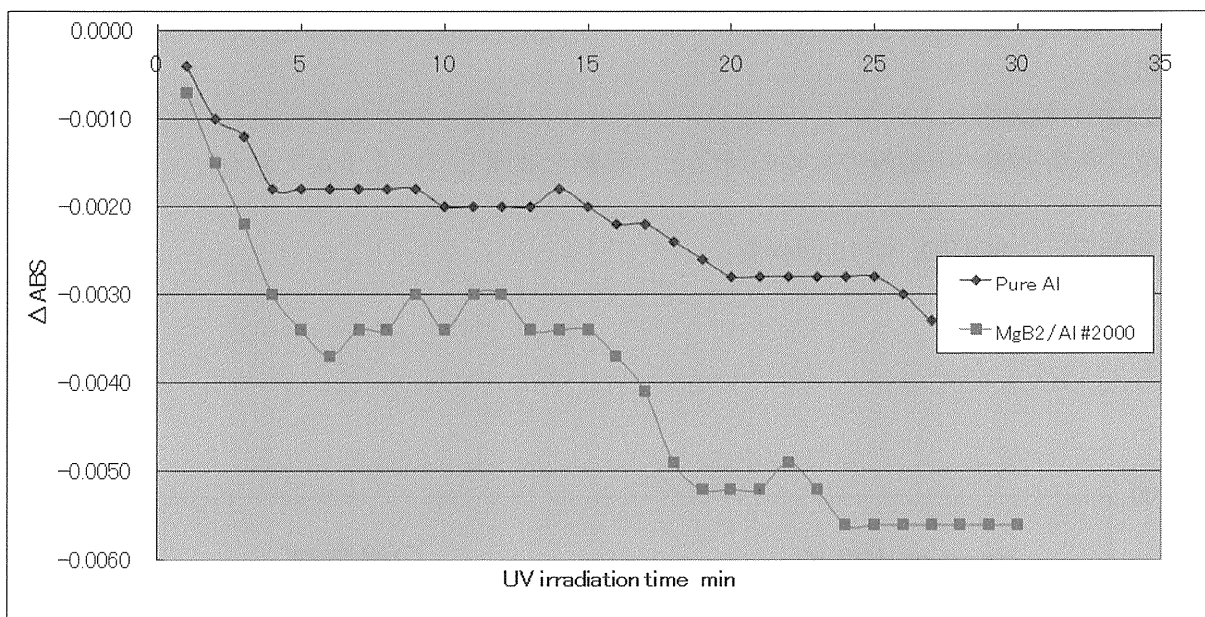


図 2. アドバンスド・ゾルゲル法で表面被覆した MgB_2/Al 複合材料線材の光触媒特性。

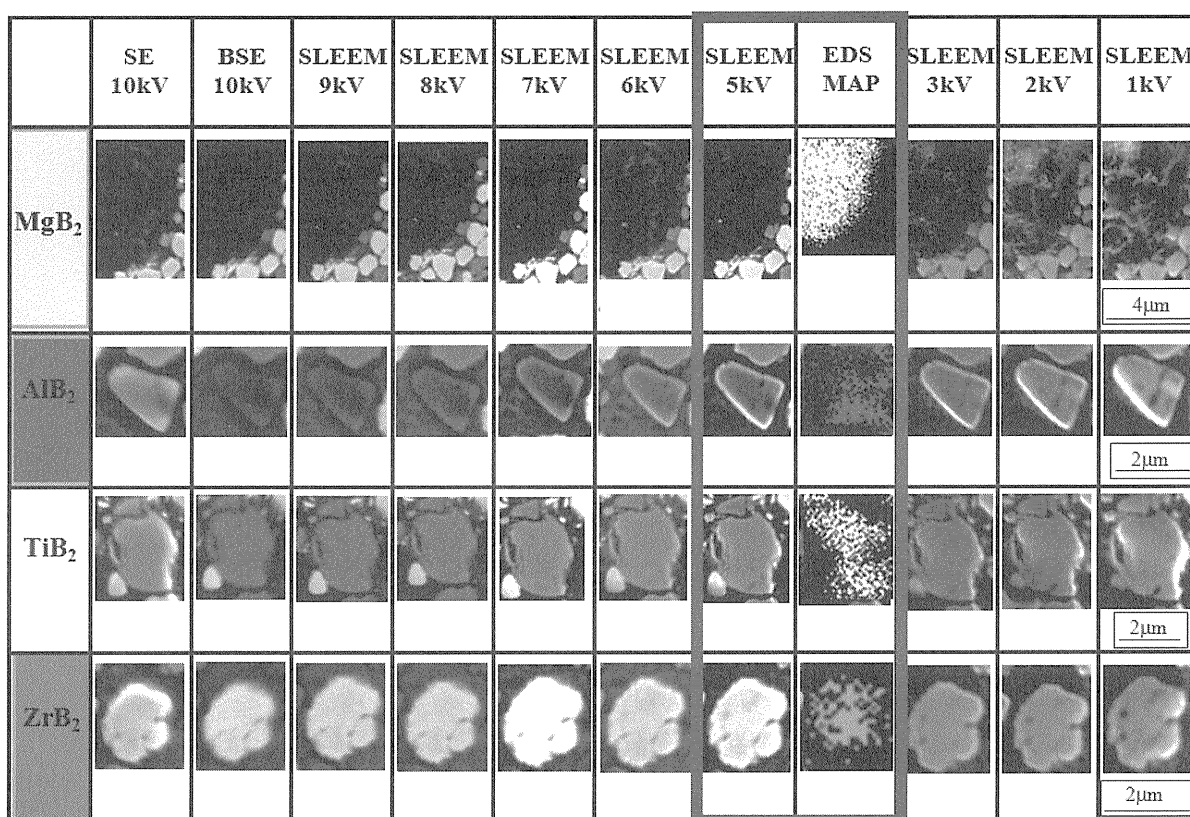


図 3. SLEEM 検出器を使用して観察した複数のホウ化物粒子を含む Al 基複合材料の観察結果と EDS マッピングの結果。