
ナノスケール組織を有する軽量材料の開発とその構造解析に関する研究

研究代表者 理工学研究部(工学系) 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、本プロジェクトでは、「ナノスケール組織を有する軽量材料のナノ構造解析に対する組織制御」と「ナノスケール組織を有する軽量材料の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」の2つのプロジェクトを同時進行させ、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している。

(2)研究成果

[プロジェクト 1] ナノスケール組織を有する軽量材料のナノ構造解析に対する組織制御

【高信頼性軽量合金の開発】

耐熱性に優れる Al 合金の開発を目指し、250℃でもアルミニウム母相との整合性が良好なナノスケールの金属間化合物の生成に成功、特許出願した。この合金は図 1 に示したように、150℃から 250℃において硬さの低下が少ない。これは従来高温では硬さにほとんど寄与しないナノスケールの金属間化合物を積極的に利用したもので、アルミ母相との整合性を改善したことで変形に対する抵抗となり、硬さの低下を防止していると考えられる。今後は延性の改善など、信頼性の向上を目指す予定である。

【機能性軽量合金の開発】

超伝導特性を持つ MgB_2 粒子を分散させた複合材料を利用した超伝導アルミ線材の開発研究では、実用化をターゲットとした成果を挙げつつある。図 2 は直径 3mm に押出し加工することに成功した MgB_2/Al 複合材料線材である。割れや目立った欠陥はなく、電気抵抗率測定では約 37-38K で超伝導転移が確認できた。Al、Mg そして B の組み合わせが低放射化材として有効であることから、核融合炉の周辺材料としての応用も視野に入れて臨界電流密度の向上など、今後さらにスペックの向上を目指す。さらに熔融金属を用いない複合材料の製造方法を考案し、より低温での作製に成功、特許出願した。

[プロジェクト 2] ナノスケール組織を有する軽量材料の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

本プロジェクト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。今年度は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った。図 3 は SLEEM 検出器を使用してセラミックスと金属の複合材料表面を観察した例である。試料の表面近くから放

出される電子を効率よく検出して結像するため、通常はチャージアップして観察できない粒子表面に生成された反応生成物の形態まで詳細に観察できた。この写真は2006年度日本金属学会組織写真展において入選した。

(3)プロジェクト成果（特許，起業，技術移転等）

[特許出願実績]

1. 特願 2006-133123 ， Al-Mg-Ge 系のアルミニウム基合金及びそれを用いたアルミニウム合金材，松田 健二，池野 進，川畑 常眞，2006年5月11日
2. 特願 2006-233696 ，アルミニウム複合体及びその製造方法，松田 健二，池野 進，諸林勝，砺波 俊吉，砺波義行，2006年8月30日
3. 特願 2007-039324 ，軽金属複合材料の製造方法及びこの方法で得られた軽金属複合材料，松田 健二、池野 進、川畑 常眞、三橋 央治、青山 茂樹、藪本 幸信，2007年2月20日

[論文発表]

1. The Morphology of Spinel and Al₂O₃ Particles in an Al₂O₃/Al-Mg-Si Composite Material Revealed by Scanning Low Energy Electron Microscopy, K. Matsuda, T. Matsuki, I. Müllerova, L. Frank and S. Ikeno, Material Transactions, vol.47, pp.1815-1820, 2006.
2. New Quaternary Grain Boundary Precipitate in Al-Mg-Si Alloy Containing Silver, K. Matsuda, S. Ikeno, T. Sato, Y. Uetani, Scripta Materialia, vol.55, pp.127-129, 2006.
3. Al-Mg-Ge 合金における時効析出物の高分解能透過型電顕観察，松田 健二、宗像 照善、川畑 常眞、上谷 保裕、池野 進，軽金属，Vol. 56, pp.680-684, 2006.
4. "Study of the developed precipitates in Al-0.63Mg- 0.37Si- 0.5 Cu (wt %) alloy by using DSC and TEM techniques" A. Gaber, A. Mossad Ali, K. Matsuda, T. Kawabata, T. Yamazaki, S. Ikeno, J. Alloys and Compounds, vol.432, pp.149-155, 2007.

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

1. 高信頼性合金と、機能性軽量合金の長所を実際に融合させ、実用可能な多機能材料の開発をターゲットとしたプロジェクト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 との共同研究を検討中である。
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、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。

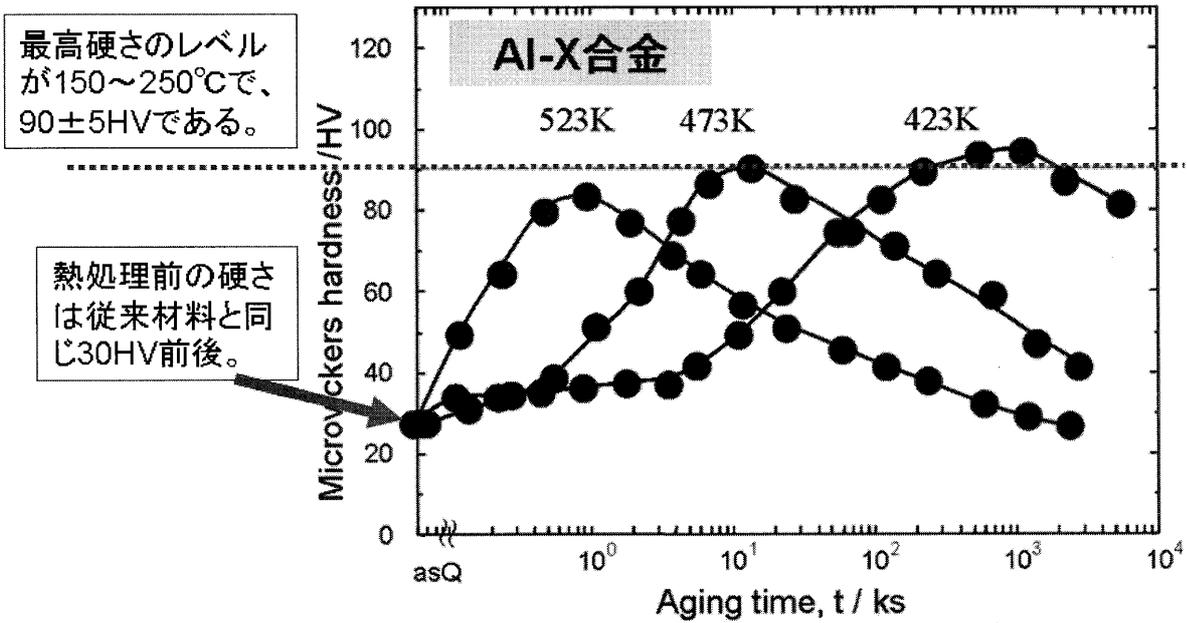


図 1. 開発した比較的高温でも硬さの低下の少ないアルミニウム合金。150~250°Cで熱処理したときの硬さ変化曲線。

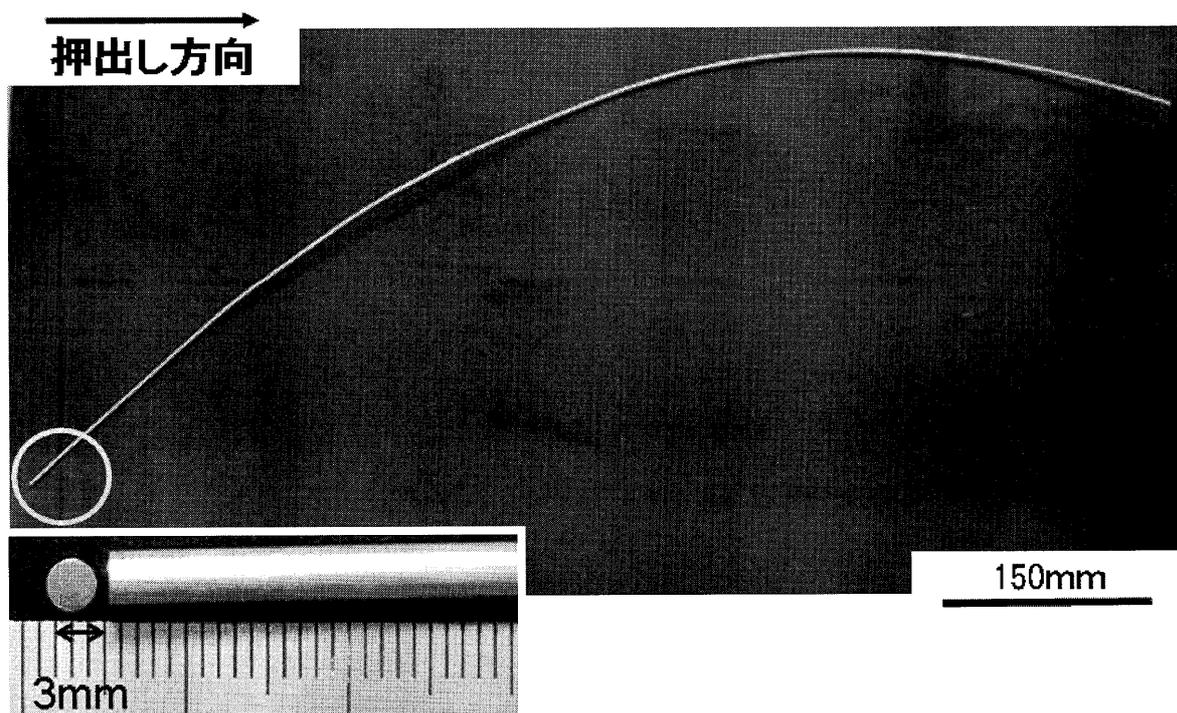


図 2. 直径 3mm に押し出し加工された MgB₂/Al 複合材料線材の外観。

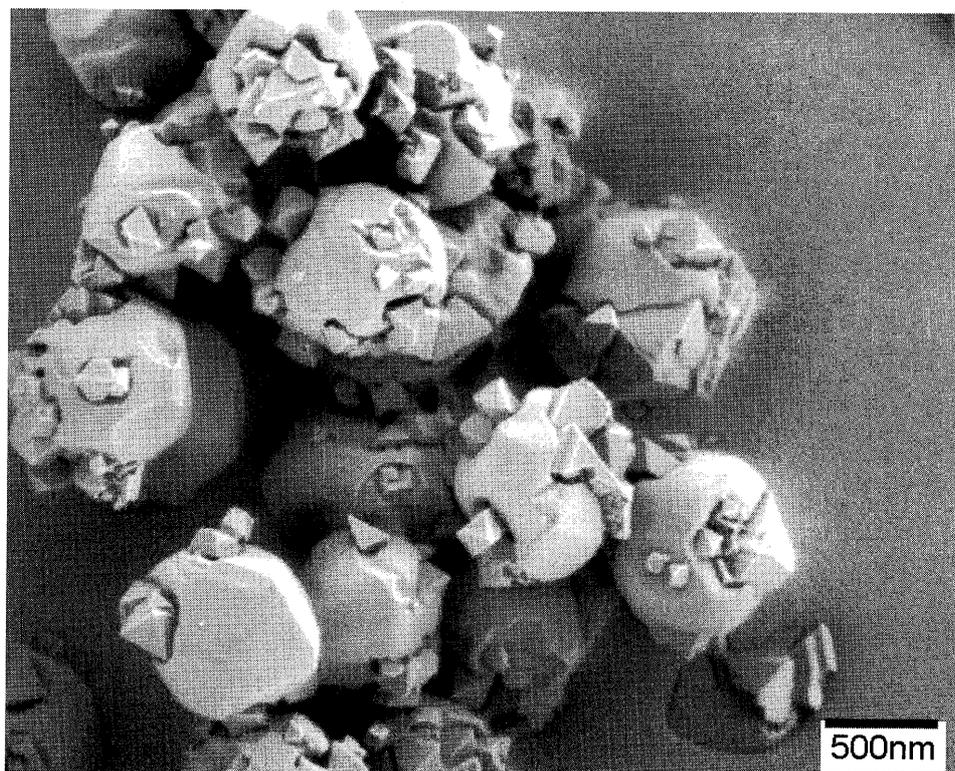


図3. SLEEM 検出器を使用して観察された $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al-Mg-Si}$ 合金における Al_2O_3 粒子/Al 母相界面の反応生成物(MgAl_2O_4 粒子)。