

産学共創プログラム「ヘテロ構造制御」 評価結果

1. 研究課題名：鉄を活用した新規ナノヘテロ構造アルミニウム合金の創製と3D構造解析

2. 研究代表者：里 達雄（東京工業大学 精密工学研究所 教授）

3. 研究概要

鉄はアルミニウム合金にとって不純物であり、含有を極力避けたい元素として扱われてきた。本研究では、従来の発想を転換し、鉄を多く含むアルミニウム合金の可能性に着目して、力学特性が飛躍的に優れる合金の創製に挑戦する。具体的には、結晶粒、粒界構造、鉄系化合物相、粒内析出組織、転位ネットワーク構造などの空間的スケールの異なる階層構造からなる新規のナノヘテロ構造を創出するプロセスとして、加工—半溶融成形（D-SSF）プロセスを創案し、このプロセスで力学特性に優れた鉄を含む新規アルミニウム合金を創製するとともに、ナノヘテロ構造形成の基礎現象の解明、ならびに実用プロセス構築の提案を行うことを目的とする。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

アルミニウム合金中の不可避不純物である鉄は、脆弱な鉄系金属間化合物を形成するため、さまざまな加工で成形性を阻害する因子であるが、もし鉄が強度、延性、耐食性などの観点から有益な役割を担えば、アルミニウム構造材をより低価格で効率的に生産することができ、資源リサイクルを促進する上でも大きな意味をもつ。

本研究では、不純物鉄を無害化し、力学特性に対して有効化する手法が検討され、下記のような大きな成果を得た。1) D-SSF プロセス中に起こる過程と現象を明らかにした。2) 通常よりも高い鉄濃度のアルミニウム合金でも、鉄の晶出物、析出物の分散状態の制御により延性が改善できることを示し、その製造プロセスも明確に説明された。3) 鉄の合金元素の可能性として、合金の力学特性とその安定性をさらに改善する手法が見出された。このように、D-SSF プロセスおよびそれによって創出されるナノヘテロ構造をもつ新しいアルミニウム合金の優れた力学特性を実証したことは、高く評価される。

しかしながら、たとえば力学特性の改善が強度よりも延性に顕著であることや、3DAPによる微細組織の観察結果と力学挙動との関係については不明であることなど、学術的にも貴重な指導原理の構築に至るために解明すべき課題は、まだ多く残されている。

4-2. 今後の研究に向けて

膨大な実験によって鉄の有用性が示され、メカニズムの提案と考察も順調に進んでいる。その一方で、革新的なアルミニウム合金を実現するプロセスの指針となる学術的かつ普遍的な指導原理の創出という観点での研究は、道半ばといえる。

研究計画では、平成 25 年度は、実用製造プロセス化の検討にも注力するとなっているが、ここまでの研究で D-SSF プロセスの有用性が明らかになった以上、その後の実用化研究は産学共創基礎基盤研究プログラムからスピンアウトして、産学が連携して本研究のシーズを次のステップに発展させる段階に移行する方が賢明と考える。すなわち、すでに関連の研究テーマがサポインに採択されているとのことであるが、さらに、実用化を目指した JST および他の組織の研究ファンドの活用や産業界との共同研究などを視野に入れていただきたい。

一方「ヘテロ構造制御」での研究課題としては、鉄のナノレベルでの制御に有益で、学術的にも価値の高い指導原理を創出するための基礎研究に注力していただきたい。これがプロセスの基盤を強くし、工業化に耐える材料の信頼性、プロセス構築に繋がるものと期待している。

4-3. 総合評価および研究継続の可否

総合評価 A

アルミニウム合金中の鉄の挙動について膨大な試験と実験により、無害化から機械的性質の改善への有効性を発現できたことは、大きな成果として高く評価される。一方で、新指導原理の構築のために、鉄の活用と制御についての学術的、基礎的な原理・原則の解明を深めていただきたい。それが、鉄含有アルミニウム合金の実用化への信頼性の高い合金技術、プロセス条件、加工生産技術の確立に繋がると期待する。

今後の研究計画の一つの実用化プロセス開発については、産業界のニーズに伴う基礎研究を実施し、指導原理構築を目指す「ヘテロ構造制御」での研究テーマを離れた次のステップの課題と考える。引き続き、産業界と協力の上、企業との共同研究・開発などを進めていただきたい。

以上