

1. 研究課題名：調和組織制御による革新的力学特性を有する金属材料の創製とその特性発現機構の解明

2. 研究代表者：飴山 恵（立命館大学 理工学部 教授）

3. 研究概要

研究代表者らは、材料における微視的構造の「不均質・調和・超微細」という発想を基に、超強加工粉末冶金プロセスを応用し、超微細結晶粒（平均数十～数百 nm）と粗大結晶粒（平均数～数十 μ m）の両者を調和的に配置した調和組織制御を行うことにより、高強度と高延性が同時に発現することを見出した。本研究では、種々の金属材料における普遍的な調和組織制御方法を確立するとともに、優れた力学特性の発現機構を解明し、最適プロセスを提案することを目標としている。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況および研究成果の現状

種々の材料において組織パラメータを変化させた調和組織材料を作製し、その機械的性質を明らかにしている。多くの調和組織材料が、高い強度と大きな延性を併せ持っているという本研究で得られた成果は、大変重要かつ興味深いものである。粒径の小さな粉末への調和組織概念の適用を可能とするため、高速気流ジェットミルという新しい手法を早期に導入・戦略化し、貴重なデータを得ている点も高く評価できる。

しかしながら、現在までの成果は必ずしも系統的ではないために、調和組織材料の力学特性の理解は、依然として定性的なままである。たとえば、調和組織材料では引張試験中の加工硬化率の低下が抑制され、それによって塑性不安定の発現が遅延され、大きな均一伸びが得られることを実験的に明らかにしているが、それがなぜ生じるのかという原理原則は、まだ明らかになっていない。

4-2. 今後の研究に向けて

本研究では、強度と延性の両立に対する基礎的・学術的なメカニズムの解明と、それに基づく新しい指導原理の構築が今後の課題である。実験的研究としては、粉末を用いる利点を生かして、種々の組織パラメータ（微細粒／粗大粒の粒径比、体積比、強度比、分布状況、とくに硬質相／軟質相の連結具合）を系統的に変化させた研究や、変形温度・変形速度を変化させた研究を行うことが推奨される。ここでは、shell/core界面構造の解析、変形・破壊過程のミクロなレベルでの理解と組織との対応などを、画像相関による局所ひずみ解析法やFRASTA法などの有用な手法を駆使して解明することも望まれる。理論的研究としては、ミクロからマクロまでの定量的な変形挙動の解析に期待したい。ここでは、他の研究チームに属

する理論・計算科学者との連携のような横断的な連携の推進を、今後も積極的に展開していただきたい。

一方、今後の計画の中で、より実用化に関連する大型化、コスト低減、アルミニウム合金への展開などについては、基礎研究を実施する産学共創基礎基盤研究プログラムの枠組みからスピンアウトさせ、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。

これまで研究成果は主として論文・学会発表で公表されているが、特許出願は少ない。学術雑誌における成果発表をさらに増加させるとともに、ノウハウ特許も含めた知財権獲得の努力にも期待したい。

4-3. 総合評価

総合評価 A

本研究は、超微細結晶粒と粗大結晶粒を調和的に配置することで高強度・高延性の同時発現が可能となるという、非常に興味ある課題である。調和組織による強度と延性の向上が、種々の金属材料で普遍的に起こることを明らかにしたことは、ヘテロ構造制御の技術テーマに相応しい重要な成果である。研究は全体として順調に進展しているが、上述のように、これまでに得られた成果を基に、さらに大きく発展させていただきたい。特に、調和組織における優れた力学特性の発現機構を、実験・理論の両面から基礎的に解明することが強く望まれる。一方、本研究の成果を実用に結びつける努力にも大いに期待している。

以上