

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	太田 美絵 (おおた みえ)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	乙 第 538 号
○授与年月日	2015 年 3 月 6 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 2 項 学位規則第 4 条第 2 項
○学位論文の題名	单相ならびに二相系金属材料における調和組織制御プロセスに関する研究
○審査委員	(主査) 飴山 恵 (立命館大学理工学部教授) 上野 明 (立命館大学理工学部教授) 伊藤 隆基 (立命館大学理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

金属材料に求められる最も基本的でかつ重要な特性は、強度と延性の向上である。しかしながら、強度と延性は一般に二律背反の関係にあり両立は非常に困難である。そのためこの困難な課題の解決策を求めて様々な研究が行われている。先行研究において、調和組織制御を施すことにより強度と延性が同時に向上し、優れた機械特性が得られることが明らかとなっている。調和組織とは、粉末超強加工による巨大ひずみ加工と粉末冶金を組み合わせ創製される特徴的な組織である。調和組織は微細結晶粒領域と粗大結晶粒領域のバイモーダルな粒径分布を持つ粒径不均一な組織であり、かつ、微細結晶粒が連結したネットワークを形成して幾何学的な周期性を有している。しかしながら、調和組織材料を創製するための調和組織制御プロセスの全容は明らかになっていない。

本論文では、種々の単相材料、二相材料に調和組織制御を施し、調和組織形成のメカニズム、ならびに力学特性について、材料創製方法に着目して検討し、調和組織制御プロセスの詳細を明らかにすることを目的とした。

本論文は全 8 章で構成されている。緒言である第 1 章では、金属材料の強化方法、強ひずみ加工法に対するこれまでの研究の現状と課題について記述した。第 2 章では本研究を推進するにあたり重要となる粉体試料のナノレベルでの観察手法、粉末超強加工方法の詳細等の実験方法について記述した。第 3 章では単相材 (純 Ni) の調和組織形成過程と機械的特性、そして、第 4 章では二相材 (二相ステンレス鋼) の調和組織形成過程と機械的特性について述べた。それぞれ材料の構成相に着目し、金属組織学的特徴と微細組織形成メカ

ニズム、ならびに変形挙動について詳細に記述した。第 5 章では高圧ガスミリング法を用いた調和組織の創製プロセスについて純 Ti を対象として組織形成と機械的性質について記述した。第 6 章では、ボールミル法と高圧ガスジェットミル法の加工プロセスの相違について考察した。第 7 章では組織形成過程による調和組織の分類について記述した。第 8 章では、第 2 章～第 7 章の総括と今後の展望について記述した。

#### <論文審査の結果の要旨>

金属材料は材料内部の微細組織の制御によって高機能化できるという特徴を持っており、とりわけ、高強度化に関しては、近年、資源・環境・エネルギー問題などを同時に解決できる高強度・高延性材料の開発が重要な課題となっている。そのような背景のもとで研究論文がまとめられており、論文審査では、高強度化の手法の妥当性、効果、そして、高強度と高延性を両立する変形機構について、詳細な議論がなされた。

本論文の目的は、金属材料における代表的な単相材、二相材に調和組織制御を施し、そのときの組織タイプごとの組織形成メカニズム、変形メカニズムについて詳細に検討した。さらに、創製プロセスの観点から調和組織制御法を検討した。

本論文で見出された新しい知見は、

##### 1. 調和組織形成メカニズム

微小粉末の電子顕微鏡による詳細な観察を行い、粉体表面超強加工プロセスによるナノ結晶粒生成のメカニズムを明らかにした。板材や棒材等の大型寸法の材料の強加工で生じる同様の結晶粒微細化機構が、微小粉末の極表面部でも生じることを明らかにした。

##### 2. 相構成と組織形成の関連性

材料の種類による相構成と調和組織の形成の間に強い関連性があることを明らかにした。単相材 (Ni) では加熱と加圧によりナノ結晶粒の粒成長と同時に、動的再結晶による微細結晶粒のネットワークが形成され、一方、二相材 (二相ステンレス鋼) では、調和組織形成に母相の回復・再結晶過程と第二相の析出過程の競合作用が重要であることを明らかにした。相構成により異なる組織形成過程が存在することを明らかにした。

##### 3. 調和組織制御法の実用化のための基礎的知見

高圧ガスジェットミル加工が実用化に有用であることを明らかにした。実験室的な適用に限定されていた従来のボールミル加工に代わる高圧ガスジェットミル加工を試み、加工時間、加工量ともにより高効率な方法となることを実証し、工業的な展開の可能性を見出した。さらに、加工時の加工媒体の硬質ボールや粉体の運動モデルと実験で得られたナノ結晶組織の形成とを比較検討し、高圧ガスジェットミル法でもエネルギーの小さな衝突を高頻度で繰り返すことによりナノ結晶化が進行し、加工を行うことができることを明らかとした。

以上の結果は、金属材料の材質制御方法において従来にない新しい知見を見出しており、今後の実用化に繋がる重要な結果であると判断された。

本論文の審査に関して、2015年1月31日（土）11時00分～12時10分イーストウイング4階機械システム系演習室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者太田美絵に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、プロセスの適用範囲、力学特性の詳細、破壊機構や疲労との関連性、などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本学学位規程第24条の3に基づき、学位申請者に対して学力確認のために専門科目\_\_科目（材料工学、材料強度学、高温材料強度学）および外国語（英語）の試験を行った。試験結果を主査、副査で検討した結果、本学大学院博士課程後期課程修了者と同等以上の学力を有することが確認された。

以上の諸点を総合し、本学学位規程第18条第2項に基づき、学位申請者に対し、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。