

## 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	関口 達也 (せきぐち たつや)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 881 号
○授与年月日	2013 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	純チタンおよび Ti-6Al-4V 合金の調和組織材料の創製と力学特性に関する研究
○審査委員	(主査) 飴山 惠 (立命館大学理工学部教授) 坂根 政男 (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)

### <論文の内容の要旨>

金属材料の高機能化のねらいには高強度と高延性の両立がある。しかし、従来方法による 1) 固溶強化、2) 転位強化、3) 分散強化、4) 結晶粒微細化強化、等の手法では、高強度化されても、材料の降伏後に早期段階で塑性不安定を生じ、延性が低下することが必然であった。このため、高強度と高延性は二律背反で両立できないものとされてきた。

これに対し、本論文では、ステンレス鋼で提案された調和組織制御法をより完成された手法として提案し、純チタン、ならびに Ti-6Al-4V 合金に適用し、これらの材料の高強度と高延性の両立を実証した。さらに、その変形機構について詳細な検討を加え、高強度と高延性の両立のための普遍的な組織制御方法を提案している。

本論文は全 7 章で構成されている。

緒言である第 1 章では、対象材料のチタン材料の諸特性、試料作製プロセスの粉末冶金法、金属材料の高強度化と強ひずみ加工法、に対する研究の現状と課題について記述した。第 2 章では強ひずみ加工法の一つであるメカニカルミリング (MM) 法、ならびに MM 法を施したチタン系粉末の組織と性質について詳細に記述した。第 3 章、第 4 章、第 5 章ではそれぞれ HRS (Hot Roll Sintering) 法、HIP (Hot Isostatic Pressing) 法、SPS (Spark Plasma Sintering) 法の各種粉末冶金法により作製したチタン系調和組織材料の微細組織と機械的特性について詳細に記述した。第 6 章では調和組織材料の変形機構について検討し考察を行った。第 7 章では、第 2 章～第 6 章の総括と今後の展望について記述している。

#### <論文審査の結果の要旨>

金属材料は合金化や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、これまで種々の方法により材料の高強度化が図られてきた。しかし近年、金属材料に要求される特性はますます過酷なものとなっており、資源・環境・エネルギー問題などを同時に解決できるより高強度な材料開発が喫緊の課題となっている。

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。

学位申請者は、広範囲な粉末冶金的手法で金属材料、特にチタンおよびチタン合金の高強度化を強ひずみ加工により実現すると同時に、調和組織制御を行うことで延性も得られることを示した。調和組織材料は、微細な結晶粒領域と粗大な結晶粒領域が規則性を持って配置された、ヘテロ構造を有する材料である。チタン材料における調和組織制御はこれまでになく、世界で初めて実証した研究成果である。さらに、高強度と高延性が両立する変形メカニズムを詳細に検討した結果、調和組織材料に共通した特徴を見出した。調和組織材料では、急減した加工硬化率が塑性不安定条件に達する前に斬減に転じ、緩やかに加工硬化が継続することを見出し、材料が塑性不安定を起こさずに大きな均一伸びを示すことを明らかにした。このような加工硬化率の急減と回復、という特異な現象は、マイクロ部分の変形だけでなく、調和組織に特有なマクロなネットワーク構造の変形に起因していることを指摘し、転位論由来のマイクロな変形と構造由来のマクロな変形が組み合わさった結果、塑性不安定の発生を高ひずみ側にずらせることで、大きな延性が得られていると結論づけている。この研究成果は、粉末冶金法にとどまらない、材料全般に対して普遍性のある結論である。

本論文の審査に関して、2013年2月4日（月）15時00分～16時20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関口達也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、研究背景、微視的組織の詳細、変形機構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>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「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。