

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	Nur Zalikha Binti Khalil (ぬる ざりか びんてい かりる)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1132 号
○授与年月日	2016 年 9 月 25 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	Study on Improvement of Mechanical Properties in Structural Materials by Particle Size Control Process (粒子径制御プロセスによる構造用材料の機械的特性改善に関する研究)
○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>

粉末冶金法は、高融点材料の加工、複合化、合金化、複雑形状のニアネットシェイプ成型、等が可能であることなどから、工業的に広く普及している技術である。一方で、他の製造方法と比較して力学特性の一つである靱性の確保が困難であることが課題である。靱性低下の要因は様々であるが、例えばセラミックス等の高融点材料においては焼結性の低さがあげられる。このような難焼結性の課題に対して、本論文では、原料粉末の粒子径やその分布状態に着目し、粒子径を評価する種々のパラメータを考慮することによる焼結材料の機械的特性の改善を目的として、粒子径や形態が異なる粒子が混在した焼結材料の機械的特性の改善手法について検討を行った。

本論文は、全 7 章から構成されている。緒言である第 1 章では研究背景と課題を述べ、第 2 章では関連研究についてのまとめと本研究で採用した粉末冶金法の概要について記述した。第 3 章では実験方法、試料作製プロセス、各種評価手法について詳細に記述した。第 4 章では難焼結性材料の例として SiC セラミックスを対象に、粒子の形態、そして、粒子径の統計的数値である平均値、中央値、分散、標準偏差、変動係数により整理し、それらの有効性について議論し記述した。第 5 章では、粗大粒子と微細粒子の組み合わせをアルミニウム粉末と SiC 粉末の混合により行い、焼結性と機械的性質について議論し記述した。第 6 章では、粗大粒子と微細粒子の組み合わせを調和組織制御法に展開し、アルミニ

ウム材料の Si による半溶融反応を利用した組織制御と機械的性質の改善について議論し記述した。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た。

< 論文審査の結果の要旨 >

本論文では、工業的に普及している粉末冶金法について、従来、経験や勘が占める割合が多くあった焼結技術を統計的な手法で解析することにより、機械的特性の改善に効果的な焼結法を見出した。セラミックスのような高融点材料の場合は焼結には高温が必要となる。これまでは材料種別ごとに経験や勘に基づいた粉末粒子配合や温度で焼結を行うことが多く、体系的な焼結方法は明らかにされていなかった。さらに、少量多品種の粉末焼結を行う企業のほとんどは中小企業であり、研究開発の余裕がない。

このような状況において、本論文の意義は、難焼結性材料を可能な範囲で低温度、短時間焼結するための指針を与えることに成功した点にある。具体的には、第 4 章で述べられたように、難焼結材料である SiC を用いて、5 種類の粒子径に分類し、それらを統計的数値である平均値、中央値、粒子径分布、標準偏差、変動係数により整理し、さらにアスペクト比による形態分類を行った。これらの SiC 粒子を焼結し、その相対密度、曲げ強度を評価し、焼結性と密接な相関を持つパラメータが変動係数 (coefficient of variation: Cv) であることを見出した。この成果は、粉末粒子の寸法、分散を Cv で評価し焼結工程を行えばより、より低温度・短時間で高密度となる効率的な焼結材料が得られることに繋がり、工業的観点から極めて有意義である。

さらに、第 5 章、第 6 章では、粉末粒子径が大きく異なる粉末焼結材料の機械的特性の改善を金属粉末との組み合わせから検討を加えた。Al と SiC (第 5 章) の組み合わせでは、同等の Cv 値を有していても金属同士の接触面積の大小が機械的性質に大きく影響すること、さらに、Al と Si (第 6 章) では Al-Si の固溶強化、分散強化が機械的性質に大きく影響することを明らかにした。SiC、Si いずれの場合も、硬質相の分散形態が調和構造となることにより、優れた機械的性質を発現することを見出した。

以上の研究成果は、粉体粉末冶金産業におけるより低コストで効率的な生産に直結するものであり、優れた成果であると判断できる。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果をふまえ、本論文は博士学位を授与するにふさわしいものと判断した。

< 試験または学力確認の結果の要旨 >

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科機械システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて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。

本論文の公聴会は、2016 年 7 月 26 日 (火) 10 時 45 分～11 時 50 分イーストウィング 4 階機械システム系第 1 演習室において行われた。公聴会では、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 Nur Zalikha Binti Khalil 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、材料の選定理由、力学特性評価手法、実用的な焼結手法、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。学位申請者は、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。