

Title	Studies on Improvement of Mechanical Properties by Microstructural Control for MoSi ₂ Based Composites
Author(s)	鈴木, 義和
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3143983
DOI	10.11501/3143983
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	すずき よしかず 鈴木 義和
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 13869 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科物質化学専攻
学位論文名	Studies on Improvement of Mechanical Properties by Microstructural Control for MoSi ₂ Based Composites (微構造制御による MoSi ₂ 基複合材料の機械的特性改善に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 新原 皓一 (副査) 教授 米山 宏 教授 甲斐 泰 教授 足立 吟也 教授 城田 靖彦 教授 平尾 俊一 教授 野島 正朋 教授 大島 巧 教授 小松 満男 教授 田川 精一

論文内容の要旨

本論文は、新規の材料設計に基づいた微構造制御による、高強度・高靱性 MoSi₂ 基複合材料の開発、および微構造と機械的特性の相関の解明に関する研究をまとめたものである。本論文は次の8章により構成されている。

第1章では、本研究の背景および研究目的について記している。

第2章では、MoSi₂ 粉末の焼結過程を走査型電子顕微鏡内で動的に直接観察することにより、粒状の粒界ガラス相の形成メカニズムおよび MoSi₂ 粉末の焼結メカニズムを解明している。また、MoSi₂ 焼結体中の粒界ガラス相の精密な定量評価を行い、高強度・高靱性 MoSi₂ 基複合材料の材料設計を構築する上での基礎的な指針を得ている。

第3章では、ナノメートルサイズの微細な SiC 粒子を添加することにより MoSi₂ 焼結体の微構造を制御し、マトリックスと粒界ガラス相を同時に強靱化できることを見出している。これにより、従来にない非常に高い破壊強度を持つ MoSi₂ 基複合材料を得ている。また、高温特性の改善には粒界相改質が必要であることを示している。

第4章では、陽イオン半径の小さい希土類酸化物を MoSi₂ に添加することにより、機械的特性を改善できることを見出している。特に 1 mol% 程度の微量の添加が有効であることを明らかにしている。この機械的特性の改善は焼結プロセス中にガラス相が結晶化されることによる粒界相の強靱化に起因していることを明らかにしている。

第5章では、相変態強化能をもつ ZrO₂ を添加し、相変態強化と粒界相結晶化を組み合わせることで靱性や強度をバランスよく改善できることを見出している。また、類似化合物である HfO₂ を添加した場合と比較することで、機械的特性改善のメカニズムを明らかにしている。

第6章では、新規の Mo-Si-Al 合金粉末を用い、Al との合金化と SiC とのナノ複合化を同時に用いることにより微構造の制御が可能で、機械的特性が大幅に改善できることを示している。また、相安定性と粒界相の評価を通して機械的特性改善のメカニズムを明らかにしている。

第7章では、MoSi₂ 焼結体中に存在し、その特性が明らかになっていない $Mo_{\leq 5}Si_3C_{\leq 1}$ 相を反応焼結法を用いて単相合成し、その諸特性を評価している。また、相安定性や機械的特性の検討を行うことで $Mo_{\leq 5}Si_3C_{\leq 1} - MoSi_2$ 擬二元系が有望な材料系であることを見出している。

最後に第8章では本論文を総括し、主要な成果についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、二ケイ化モリブデン (MoSi_2) に対して、母相と粒界相の同時強化を軸とした新規の材料設計を提案し、これに基づいた微構造制御を行うことで高強度で高靱性の MoSi_2 基複合材料を開発することを目的としている。さらに、一連の研究を通して、微構造と機械的特性の相関の解明を目指している。本論文で得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) MoSi_2 粉末の焼結過程を走査型電子顕微鏡内で動的に直接観察することにより、従来明らかでなかった粒状の粒界ガラス相の形成メカニズム、および MoSi_2 粉末の焼結メカニズムを解明している。
- (2) Si_3N_4 等の絶縁性セラミックスに対して開発された低温比熱測定による粒界ガラス相の定量法が、導電性材料である MoSi_2 に対しても適用可能であることを見出し、高精度の粒界ガラス相の評価を実現している。
- (3) ナノメートルサイズの微細な SiC 粒子を添加することにより、粒内と粒界の同時ナノ複合化を実現し、マトリックスと粒界ガラス相を同時に強靱化できることを見出している。これにより、今までにない非常に高い破壊強度を持つ MoSi_2 基複合材料を得ることに成功している。
- (4) 陽イオン半径の小さい微量の希土類酸化物 (Sc_2O_3 および Y_2O_3) を添加し、焼結プロセス中に粒界ガラス相を複酸化物として結晶化させることにより、 MoSi_2 の機械的特性を大幅に改善できることを見出している。
- (5) 相変態強化能をもつ Y_2O_3 安定化正方晶 ZrO_2 を添加し、相変態強化と粒界相結晶化を組み合わせることで靱性と強度がバランスよく改善できることを見出している。また、類似化合物である HfO_2 を添加した場合と比較することで、機械的特性改善のメカニズムを明らかにし、さらに ZrO_2 よりも高温で応力誘起相変態を起こすと予想される Y_2O_3 安定化正方晶 HfO_2 添加による高温特性改善の可能性を示唆している。
- (6) 新規の Mo-Si-Al 合金粉末を用い、 Al との合金化と SiC とのナノ複合化を同時に行うことによりマトリックスの結晶構造および複合材料の微構造の同時制御を可能にし、機械的特性を大幅に改善することに成功している。また、相安定性と粒界相の評価を通して機械的特性改善のメカニズムを明らかにしている。
- (7) MoSi_2 焼結体中に存在する $\text{Mo}_{\leq 5}\text{Si}_3\text{C}_{\leq 1}$ 相を反応焼結法を用いて単相合成し、相安定性や機械的特性の検討を行うことで $\text{Mo}_{\leq 5}\text{Si}_3\text{C}_{\leq 1}$ MoSi_2 擬二元系が有望な材料系であることを明らかにしている。

以上のように本論文は、次世代構造材料として期待されている MoSi_2 を初めとした高融点ケイ化物の材料設計・開発に対して多くの基礎的知見を与えるもので、物質化学、材料工学、複合材料工学の確立に寄与するところが大きい。また実用性に関しても、本論文で得られた知見は非常に有意義であるといえる。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。