

Title	Design of Hybrid Composite Coexisted Multilayer and Nano Structure
Author(s)	安達, 智彦
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1043
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	安達智彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17798 号
学位授与年月日	平成 15 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	Design of Hybrid Composite Coexisted Multilayer and Nano Structure (積層構造とナノ構造が共存するハイブリッド複合材料の設計)
論文審査委員	(主査) 教授 新原 皓一 (副査) 教授 甲斐 泰 教授 桑畑 進 教授 平尾 俊一 教授 町田 憲一 教授 城田 靖彦 教授 野島 正朋 教授 小松 満男 教授 大島 巧 教授 田川 精一

論文内容の要旨

本論文は、積層構造とナノ構造が共存したハイブリッド複合材料の設計・開発および特性評価を目的として行った研究結果をまとめたもので、全七章で構成されている。

第一章では、本研究の背景、目的および本論文の構成について記した。

第二章では、積層複合材料およびナノ複合材料の強化機構について述べ、積層構造とナノ構造が融合することで両者の強化機構が共生できるとの考えから、ハイブリッド複合材料を設計し、 $\text{Al}_2\text{O}_3/3\text{Y-TZP}$ /ナノ SiC 系及び 3Y-TZP /ナノ SiC 系を対象として詳細な検討を行った。その結果、残留応力による強化とナノ複合化による強化機構が両立した 2 種類のハイブリッド複合材料(積層ナノ複合材料と 2 次元分散ナノ複合材料)を、従来材料よりも優れた特性を示す新しい複合材料として提案した。

第三章では、第二章で提案・設計した 2 種類のハイブリッド複合材料の作製手法を詳細に述べ、諸特性・強化機構を解明するための各種評価方法について示した。

第四章では、残留応力の理論的計算から、 $\text{Al}_2\text{O}_3/3\text{Y-TZP}$ 系積層複合材料の層厚みの変化による積層複合材料内部の残留応力の制御を目指した。その結果、層厚み制御のみによる残留応力の制御では、残留応力によりチャンネルクラックと呼ばれる微小亀裂が発生することを解明し、残留応力状態の解析から、その発生機構を明らかにした。

第五章では、設計・作製した SiC ナノ粒子分散 $\text{Al}_2\text{O}_3/3\text{Y-TZP}$ ハイブリッド積層ナノ複合材料を対象として、ナノ粒子による残留応力の制御と破壊挙動の変化を評価した。その結果、ナノ粒子分散による残留応力の制御が破壊の抑制に寄与することを見出し、ナノ粒子による微細組織制御もまた、破壊の抑制をもたらすことを解明した。

第六章では、 3Y-TZP に 2 次元的に SiC ナノ粒子を分散した 2 次元分散ナノ複合材料について、SiC ナノ粒子の局所分散による残留応力の導入を試みた。その結果、ナノ粒子を材料の表面や内部のみというように局所分散することで、材料表面の応力を任意制御できた。また表面に圧縮応力を導入することで、材料表面の強化が得られるだけでなく、熱伝導率の大幅な低減化も可能であることを初めて見出し、その実用材料への展開を検討した。

第七章では、本論文の主な成果をまとめて示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、積層構造とナノ複合構造が共存したハイブリッド複合材料の設計開発および特性評価を目的としてなされたものであり、材料内部の残留応力の制御が機械的特性及び熱的特性に及ぼす影響を評価することによって、本研究で提案したハイブリッド複合化という新規な材料設計手法の優位性を明らかにしている。主な結果を要約すると以下のとおりである。

- (1)様々な層厚みを持つ $\text{Al}_2\text{O}_3/3\text{Y-TZP}$ (3モル% Y_2O_3 安定化正方晶 ZrO_2) 系積層複合材料を作製し、材料内部の残留応力の理論計算と微細組織観察を基礎にして、積層複合材料のチャンネルクラックの発生メカニズムを解明している。
- (2)積層複合構造とナノ複合構造の強化メカニズムの共存を可能にするハイブリッド複合化という設計概念を提案し、この提案に従い SiC ナノ粒子分散 $\text{Al}_2\text{O}_3/3\text{Y-TZP}$ ハイブリッド積層ナノ複合材料の設計作製に成功し、 SiC ナノ粒子による微細組織制御と残留応力の制御が機械的特性の改善に寄与することを解明している。
- (3) $3\text{Y-TZP}/\text{SiC}$ ナノコンポジット層と 3Y-TZP 層とからなる2次元分散ナノ複合材料について、 SiC ナノ粒子を材料表面などに局所的に分散することにより、材料表面の残留応力の制御が可能であることを見出ししている。さらに、材料表面に導入した残留圧縮応力とナノ粒子の両者により、材料表面の機械的特性の著しい改善に成功している。
- (4) SiC ナノ粒子の分散により材料内部ならびに表面近傍に残留応力を導入することによって、熱伝導率の制御が可能で、材料表面近傍に圧縮応力を導入した場合には熱伝導率の大幅な低減化が可能であることを初めて発見しているだけでなく、そのメカニズムを解明し、この機構の実用材料への広範な展開が可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、積層複合構造とナノ複合構造を共存させた新規なハイブリッド複合材料を提案し、複合材料内部の残留応力を制御することが材料の機械的特性を改善するだけでなく、材料の低熱伝導化をも可能にすることを見出ししており、ハイブリッド複合材料の設計開発に関する研究の発展に多大な貢献をもたらすものである。また、これらの成果は、機械的特性に優れたセラミックス材料や低熱伝導性セラミックス材料の開発、実用化に必要な基礎的な知見を与えるもので、物質化学、材料工学、複合材料工学の発展に大きく寄与するものである。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。