The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Development of Electrically Multifunctionalized Ti-dispersed AI2O3 Composites with Photochemical and Crack-healing Behaviors
Author(s)	施, 聖芳
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/70754
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　施　　聖芳　　）	
論文題名	Development of Electrically Multifunctionalized Ti-dispersed Al_2O_3 Composites with Photochemical and Crack-healing Behaviors (電気的に多機能性したＴｉ分散Al_2O_3複合材料の創製とその光化学およびき裂修復挙動)

論文内容の要旨

本論文は、代表的な構造材料用セラミックスであるアルミナ(Al_2O_3) 焼結体の高靭化と多機能化を実現するため、高靭性と生体適合性を有するチタン（Ti）金属粒子が均一に分散されたAl_2O_3/Ti複合材料の作製とその多機能性の付与に関する研究を行い、作製した複合材料の機械的特性、電気的特性、光化学的特性およびき裂修復挙動の評価および考察を行った結果についてまとめたものである。

第1章では、本論文の背景、目的、および各章の概要を述べた。

第2章では、Ti粒子が均一に分散したナノ複合組織を有する複合材料を作製するために、解砕しやすい水素化チタン(TiH_2) 微粒子を原材料として選択し、Al_2O_3微粒子と混合、焼結中に分解、Ti微粒子を生成させることにより、破壊靭性の向上と導電性の付与を同時に実現したAl_2O_3/Ti複合材料が得られた。またその複合材料の高靭化機構および導電メカニズムを解明した。得られた複合材料は優れた導電性を有するため、放電加工が適応可能であり、Al_2O_3焼結体では困難であった複雑な形状への加工を実現した。

第3章では、前章で得られたAl_2O_3/Ti複合材料について、Al_2O_3/Ti界面における反応を制御することにより、更なる機械的および電気的特性の向上を試みた。界面反応を抑制するため、酸化イットリウム(Y_2O_3) を焼結添加剤として選択し、それぞれの特性に及ぼすY_2O_3の添加効果および最適なY_2O_3の添加量を調べた。その結果、適切な量のY_2O_3を添加することにより機械的特性がさらに改善された。一方、導電率はやや低下したが、Y_2O_3添加後も放電加工が適応可能な導電性を有することが確認された。

第4章では、水酸化ナトリウム(NaOH)処理により、Al_2O_3/Ti複合体の表面全体にナノポーラス構造を形成するために、NaOHの濃度、処理温度および時間を詳細に検討した。その結果、室温で3時間および60 ℃で1時間処理することにより、Al_2O_3/Ti複合体の表面がナノポーラス層に完全に覆われることを見出した。また、NaOHで処理した複合体を様々な温度で加熱することにより、そのナノポーラス表面層は加熱温度が高くなるにつれ結晶質酸化チタン(TiO_2) の生成率が増加し、その光触媒活性も高くなるが、ナノポーラス層を構成するファイバー状のナノ構造が粒子状に変化することが確認された。これらの結果より、光触媒活性を有するナノポーラス表面層を形成するための最適な条件を見出し、Al_2O_3/Ti複合体へのNaOH処理および熱処理によりAl_2O_3基セラミックス複合体表面へ光触媒活性を持つナノポーラス表面層を形成できることを世界で初めて明らかにした。

第5章では、Al_2O_3/Ti複合材料の優れた導電性を利用して、き裂を導入した試料に陽極酸化法を適用し、き裂部にTiの酸化物であるTiO_2を形成することにより、室温におけるき裂修復および曲げ強度の回復を試みた。その結果、き裂導入により曲げ強度が低下した複合材料を適切な陽極酸化条件にてき裂修復することにより、曲げ強度が完全に回復することが明らかになり、世界で初めて酸化物セラミックス基複合材料における室温自己修復特性の付与を実現した。さらに、き裂修復および曲げ強度回復のメカニズムを論じた。

第6章では、簡単な熱処理によって、Al_2O_3/Ti複合材料表面にTiO_2ナノロッドを形成することを試みた。その結果、600℃、5時間の熱処理により、複合体の表面に1次元 TiO_2ナノロッドが形成されることを見出し、機械的・電気的特性が共生した複合材料に新たな機能付与の可能性を示した。

第7章では、本論文の総括を行った。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　施　聖芳　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	関野　徹
	副 査	教授	安田　弘行
	副 査	教授	山下　弘巳
	副 査	准教授	多根　正和

論文審査の結果の要旨

本論文は、代表的な構造材料用セラミックスであるアルミナ(Al_2O_3)焼結体の多機能化を実現するため、高靭性や多様な機能を有するチタン（Ti）金属粒子が均一に分散された Al_2O_3/Ti 複合材料を作製し、得られた複合材料の機械的特性、電気的特性、光化学的特性およびき裂修復挙動の評価および考察を行っている。得られた結果は以下の通りである。

- 解砕しやすい水素化チタン(TiH_2)粉末を原材料として選択して Al_2O_3 微粒子と混合し、焼結中の分解反応で金属 Ti 微粒子を生成・複合化するプロセスを用いることで、破壊靭性の向上と導電性の付与を同時に実現した Al_2O_3/Ti 複合材料の作製に成功している。本複合材料の高靭化および導電機構を解明すると共に微細構造と機能の相関を考察している。さらに優れた導電性に由来する放電加工性を持つことを見いだし、従来の Al_2O_3 焼結体では困難であった複雑形状への加工が可能なことを示している。
- Al_2O_3/Ti 複合材料中の異相界面における反応を制御・抑制するために酸化イットリウム(Y_2O_3)を焼結助剤として添加し、諸特性に及ぼす Y_2O_3 添加効果について考察している。その結果、界面での $AlTi_2O_5$ などの反応相生成を抑制すると共に、破壊靭性などの機械的特性を更に改善できることを見いだしている。
- Al_2O_3/Ti 複合体を水酸化ナトリウム(NaOH)により化学処理することで、表面全体へのナノポーラス構造形成を試み、処理条件と構造との相関を考察している。その結果、室温で 3 時間および 60 ℃で 1 時間処理することで Al_2O_3/Ti 複合体の表面がナノポーラスチタニア層に完全に覆われること、さらに熱処理により結晶質ナノ構造酸化チタン(TiO_2)へと転換させることで Al_2O_3/Ti 複合体へ光触媒活性を付与することに初めて成功し、その機構について考察を行っている。
- Al_2O_3/Ti 複合材料の優れた導電性を利用し、き裂を導入した試料に陽極酸化法を適用し、き裂部に Ti の酸化物である TiO_2 を形成することにより室温における損傷修復機能を付与するとの新規な概念を提案し、詳細な検討を行っている。その結果、き裂導入により曲げ強度が 40%以上低下した複合材料に陽極酸化を施すことで強度が完全に回復すること、損傷修復が陽極酸化生成した酸化物による架橋強化であることなどを示し、世界で初めて酸化物セラミックス基複合材料への室温き裂修復機能付与を実現し、き裂修復および強度回復メカニズムを論じている。
- 簡単な熱処理による Al_2O_3/Ti 複合材料表面へのナノ構造 TiO_2 形成を試みている。その結果、600℃、5 時間の熱処理により、複合体表面に 1 次元構造を持つ TiO_2 ナノロッドが形成されることを見出し、機械的・電気的特性が共生した複合材料に優れた光触媒機能を同時に付与できることを示し、その相関を考察している。

以上のように、本論文はプロセスおよびそれにより高度に制御された複合構造を持つ金属 Ti 分散 Al_2O_3 セラミックス基複合材料を創製し、優れた力学的特性と電気的機能を兼ね備えていること、これら特徴に由来した室温損傷修復機能の実現や光触媒機能付与などの多機能化について重要な知見を得ており、材料科学・工学分野の発展に貢献するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。