

Title	環境調和型傾斜機能材料の応用と開発
Author(s)	谷畑, 公昭
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46877
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名 谷 畑 公 昭

博士の専攻分野の名称 博士(工学)

学位記番号 第 19879 号

学位授与年月日 平成17年12月28日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学位論文名 環境調和型傾斜機能材料の開発と応用

論文審査委員 (主査)

教授 宮本 欽生

(副査)

教授 菅沼 克昭 教授 西嶋 茂宏 教授 盛岡 通

教授 加賀 昭和 教授 竹本 正 教授 澤木 昌典

教授 桑野 園子 教授 水野 稔

論文内容の要旨

本論文は、SHS/HIPにより従来の傾斜機能材料を発展させて対称型傾斜機能材料を開発し、環境調和型傾斜機能材料としての適応性と可能性を探った。そのため、対称型傾斜機能材料の材料設計を行ない、適切な傾斜組成を算出した。更に、実際の切削工具へ応用し、耐熱性、耐久性試験を行ない、その成果をまとめたものである。本論文は以下に示す6章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的ならびに概要について述べた。

第2章では、傾斜機能材料作製の為に開発したSHS/HIPプロセスについて述べた。本研究で用いた燃焼合成(SHS)は亜鉛精錬時に副産物として排出するシリコン粉末の窒化燃焼反応であり、秒単位の短時間に2000 Kに達する高熱量を供給できることから、傾斜機能材料のようなセラミックスと金属が非均質に混在した系の高速焼結に有効である。また、酸素を必要としない燃焼であること、そして燃焼後の反応物が窒化珪素系耐火物として再利用できることなど、環境に優しい反応であることを明らかにし、高圧装置(HIP)の中に点火用の治具を組み込むことによって、燃焼合成(SHS)反応を起こすことが可能となり、新たな高速焼結法としてのSHS/HIP技術を確立させた。

第3章では、対称型傾斜機能材料の設計として、 $Al_2O_3/TiC/Ni$ 系対称型傾斜機能材料における残留応力の発現機構、および残留応力と強靱化機構について調査した。対称型傾斜構造によって発現した残留応力が表面層を形成する単一 Al_2O_3 相に印加した時、靱性、強度の何れにおいても残留応力は亀裂の発生および進展を抑制し、特性向上への駆動力となった。対称型傾斜機能材料の試料形状や構成要素の特性から計算される残留応力値は材料の靱性や強度と密接に関連し、強靱化材料への設計指針として大きな比重を占めることを示した。

第4章では、対称型傾斜組成構造と粒子添加による強化法を組み合わせた表面 Al_2O_3 層へのSiC粒子添加系およびWC-Co添加系傾斜機能材料の作製につき、原料粉末の調整からガラスカプセル封入、SHS/HIP、残留応力測定、そして機械的特性の評価を実施した。これらの粒子添加が表面層の熱膨張率を低下させ、中心層との相対的な熱膨張率差を拡大させたことから、表面層の残留圧縮応力を増大させたこと、また Al_2O_3 マトリックスに分散したSiCの効果により相対的に Al_2O_3 に引張応力を誘起させることから、 Al_2O_3 には傾斜構造によるマクロな圧縮応力と粒子分散によるミクロな引張応力が重畳されていることを明らかにした。これら粒子添加対称型傾斜機能材料の硬度、靱性および強度は残留応力の増加に伴い、大きく増大した。

第5章では、SHS/HIPプロセスにより $Al_2O_3/TiC/Ni$ 系対称型傾斜組成構造を有する焼結体を作製し、切削工具と

して性能の特性評価を行ない、その優位性を明らかにした。耐久損傷試験において、対称型傾斜組成構造を応用し、とりわけ同心円状の試作工具は一般に利用されている $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 系複合材料よりも約4倍高い性能を示した。この結果、高温硬度に優れ、被削材との反応性が低いなどの特徴により高効率加工用工具材として有望視されながら、強度、靱性が不十分なために、その用途が一部の分野に限られていたセラミック工具に新たな設計指針を与えた。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

一般に、脆性材料であるセラミックスの強靱化法として、組織改良や粒子、ウイスカ、繊維などを添加する方法がとられてきた。本研究では、セラミックス層/金属複合層/セラミックス層と組成を傾斜的、対称的に配置させて、圧縮/引張/圧縮の内部応力を自ら誘起せしめることにより、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/TiC/Ni}$ 系対称型傾斜機能材料において、表面 Al_2O_3 層の硬度、靱性、強度を同時に強化することを実現している。本研究における主な成果を要約すると以下の通りである。

- 1) 高圧装置 (HIP) と燃焼合成 (SHS) を組み合わせた SHS/HIP 法を開発し、傾斜機能材料のようなセラミックスと金属が非均質に混在する材料系の新しい高速焼結法を確立している。また、環境保全の立場から、SHS/HIP 法は省エネルギープロセスであり、酸素を必要としない燃焼合成は反応後に生成される窒化珪素が耐火物や耐磨耗材料の原料として利用が可能であることを考慮すると、本研究は SHS/HIP 法によって環境に優しい資源のリサイクルプロセスを提案している。
 - 2) 対称型傾斜機能材料における残留応力の発現機構、および残留応力と強靱化機構について明らかにしている。 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/TiC/Ni}$ 系傾斜機能材料において、対称型傾斜構造によって発現した残留応力が表面層を形成する単一 Al_2O_3 相に印加した時、靱性、強度の何れにおいても残留応力は亀裂の発生および進展を抑制する形で特性向上の駆動力となることを示している。対称型傾斜機能材料の試料形状や構成要素の特性から計算される残留応力値が材料の靱性や強度と密接に関連し、強靱化材料への設計指針になることを示している。
 - 3) 粒子添加型の $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC/TiC/Ni}$ 系傾斜機能材料、 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-WC-Co/TiC/Ni}$ 系傾斜機能材料の緻密体の作製に成功している。これらの粒子添加が表面層の熱膨張率を低下させ、中心層との相対的な熱膨張率差を拡大させたことから表面層の残留圧縮応力を増大させ、また Al_2O_3 マトリックスに分散した SiC の効果によって相対的に Al_2O_3 に引っ張り応力を誘起させることから、表面層 Al_2O_3 にはマクロな圧縮応力とマイクロな引っ張り応力が重畳されていることを明らかにしている。
 - 4) SHS/HIP 法によって $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/TiC/Ni}$ 系対称型傾斜組成構造を有する焼結体を作製し、切削工具として性能評価を行ない、その優位性を明らかにしている。耐久損傷試験において、同心円状の試作工具は $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ 系複合材料に比較して約4倍高い性能を実現している。工具として切れ刃の幾何学的な位置関係と対称型傾斜機能材料としての積層方法を考慮して、同心円状の試作工具がサンドイッチ状の試作工具よりも有効であることを示している。
- 以上のように、本論文は $\text{Al}_2\text{O}_3\text{/TiC/Ni}$ 系対称型傾斜組成構造により Al_2O_3 固有の特性を超えた性質を創出し、それを発展させて切削工具へ応用している。これらの結果は省資源・省エネルギーの遂行に寄与することが期待できるとともに、環境保全に対して有意義な研究と判断する。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。