

氏 名	おるふえお すばいぜろ Orfeo Sbaizero
学位(専攻分野)	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 乙 第 1 7 1 号
学位授与の日付	平成 21 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 4 項該当
学 位 論 文 題 目	Residual stress and fracture behavior of $Al_2O_3$ reinforced by metallic particles (金属粒子による強化アルミナの残留応力及び破壊挙動)
審 査 委 員	(主査)教授 PEZZOTTI Giuseppe 教授 一ノ瀬暢之 教授 高廣克己 准教授 塩野剛司

## 論文内容の要旨

セラミック材料は脆性破壊のために、実用的な多くの場面でその使用が制限されている。例えば電子産業で、セラミックスは電気的特性を利用して、回路基板や誘電体として使用されているが、脆性破壊による不具合がしばしば生じている。この破壊は、電子部品内で発生する、セラミックスと金属パーツ間における熱膨張の不整合に起因している。また、より優れた熱機関効率を得るため、高温耐用のセラミックス部品が、新たな熱機関開発の場で必要とされているが、ここでも操作温度からの加熱や冷却のために起こる熱衝撃から、脆性破壊が生じている。この様なセラミックスの破壊挙動を理解するためには、完全な脆性材料がもつ破壊メカニズムについての知見が必要となる。完全な脆性材料では、転位運動による塑性変形は起こらないか、或いは亀裂が固体の原子レベルに鋭敏であるような限られた程度では起こる。また、破壊への抵抗性は格子自体に備わっており、転位運動によるものではない。セラミックスは、亀裂先端付近の応力を減らすという方法で、微細構造を修正し、より高靱化させることが可能である。我々は脆性破壊の理解を深めるにつれ、より高い靱性を備えたセラミックスを徐々に作製できるようになった。この論文の目的は、我々の研究活動の進展、そしてアルミナマトリックス内に金属分散質を埋め込むことにより生じる高靱化機構の知見を概説するためである。現在の研究では、金属分散質として Mo と FeAl を包埋し、新たな複合材料を合成した。これらは、延性による架橋効果から靱性強化材として作用する。これに関連して、セラミックス内部の残留応力測定に有効な新しい手法として、蛍光ピエゾスペクトロスコピーを使用し、この結果を既存のセラミックス高靱化モデルと比較した。さらに特性上の破壊力学には特に注意を払い、新複合材の精密な特性解析を行ったが、この研究を通して既存モデルに対する批判的論述を報告している。アルミナマトリックス内に分散された金属の割合を増加させるにつれて変化する、R 曲線、破壊エネルギー、熱衝撃抵抗性の影響など、様々な特性を測定する一方で、ピエゾスペクトロスコピーにより得られた結果を、新しい数値シミュレーション法と比較解析した。これは、高靱化機能セラミックスの破壊プロセスについて、より深く理解する目的で行ったものである。

## 論文審査の結果の要旨

セラミック材料は、その優れた電気的特性により回路基板や誘電体として使用されているが、電子部品内で発生するセラミックスと金属パーツ間における熱膨張不整合により、脆性破壊がしばしば生じている。このようなセラミックスの破壊挙動を理解するためには、脆性材料がもつ破壊メカニズムについての知見が必要となる。本研究の目的は、アルミナマトリックス内に Mo または FeAl の金属・金属間化合物分散材を組み込むことによって合成された、新たな複合材料内で発生する高靱化メカニズムについて概説することである。これら金属分散質は、延性による架橋効果から靱性強化材として作用する。このセラミックス内部の残留応力測定に有効な新しい手法として、蛍光ピエゾスペクトロスコピーを使用し、この結果を既存のセラミックス高靱化モデルと比較した。アルミナマトリックス内に分散された金属の割合を増加させるにつれて変化する、R 曲線・破壊エネルギー・熱衝撃抵抗性の影響など、様々な特性を評価し、さらにピエゾスペクトロスコピーにより得られた結果を新しい数値シミュレーション法と比較・解析した。

以上より学術的にも産業的にも有用であり高く評価できる論文であると言える。さらに、本論文の基礎となった学術論文 10 編を以下に列記する。これらは全てレフェリー制度を有する学術論文に掲載されたものであり、内 5 編については申請者が筆頭著者である。

### 【学位論文の基礎となった論文リスト】

1. O. Sbaizero, G. Pezzotti and T. Nishida, “Fracture energy and R-curve behavior of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Mo}$  composites”, *Acta Materialia*, 46 [2] 681-687 (1998).
2. G. Pezzotti, O. Sbaizero, V. Sergo, N. Muraki, K. Maruyama and T. Nishida, “In Situ Measurements of Frictional Bridging Stresses in Alumina Using Fluorescence Spectroscopy”, *Journal of the American Ceramic Society*, 81 [1] 187-192 (1998).
3. G. Pezzotti, O. Sbaizero, H. Suenobu and T. Nishida, “Measurement of Microscopic Bridging Stresses in an Alumina/Molybdenum Composite by In Situ Fluorescence Spectroscopy”, *Journal of the American Ceramic Society*, 82 [5] 1257-1262 (1999).
4. O. Sbaizero and G. Pezzotti, “Influence of the material particle size on toughness of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Mo}$  Composite”, *Acta Materialia*, 48 985-992 (2000).
5. O. Sbaizero and G. Pezzotti, “Influence of residual and bridging stresses on the R-curve behavior of Mo- and FeAl-toughened alumina”, *Journal of the European Ceramic Society*, 20 1145-1152 (2000).
6. G. Pezzotti and O. Sbaizero, “Residual and bridging microstress fields in  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al}$  interpenetrating network composite evaluated by fluorescence spectroscopy”, *Materials Science and Engineering A*, 303 267-272 (2001).
7. V. E. Saouma, D. Natekar and O. Sbaizero, “Nonlinear finite element analysis and size effect study in a metal-reinforced ceramics-composite”, *Materials Science and Engineering A*, 323 129-137 (2002).
8. O. Sbaizero, S. Roitti and G. Pezzotti, “R-curve behavior of alumina toughened with molybdenum and zirconia particles”, *Materials Science and Engineering A*, 359 297-302 (2003).
9. O. Sbaizero and G. Pezzotti, “Influence of molybdenum particles on thermal shock resistance of alumina matrix ceramics”, *Materials Science and Engineering A*, 343 273-281 (2003).
10. V. E. Saouma, Sun-Young Chang and O. Sbaizero, “Numerical simulation of thermal residual stress in Mo- and FeAl-toughened  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ”, *Composites: Part B*, 37 550-555 (2006)