

氏名(本籍・生年月日) 植田直樹 (大阪府 昭和61年9月27日)
学位の種類 博士(工学)
学位記番号 甲第610号
学位授与の日付 平成26年3月20日
学位授与の要件 信州大学学位規程 第5条第1項該当
学位論文題目 カーボンナノチューブ複合アルミナセラミックスの
微構造と機械的性質
論文審査委員 主査 教授 樽田誠一 教授 手嶋勝弥
教授 新井進 准教授 山口朋浩
准教授 関野 徹 (東北大学)

論文内容の要旨

アルミナセラミックスは工業的に幅広く応用されているが、他のセラミックス材料と同様に脆く、破壊靱性および曲げ強度などの機械的性質の改善が求められている。一方、カーボンナノチューブ(CNTs)は、優れた機械的性質および大きなアスペクト比を持つ。そのため、CNTsはアルミナセラミックスの強化繊維として期待できる。

一般に、セラミックスの特性は微構造の影響を受ける。そのため、CNTsの複合化が、アルミナセラミックスの微構造に与える影響、そして、その微構造が機械的性質に与える影響を明らかにすることは、アルミナセラミックスの機械的性質の改善のために重要といえる。しかし、これまでのCNTs/アルミナ複合体に関する研究では、複合体の微構造が機械的性質に与える影響は報告されてきていない。

本論文では、CNTs複合アルミナセラミックスの微構造を詳細に調査し、複合体の微構造と機械的性質の関係を解明することを目的とした。特に微構造については、これまでほとんど報告されてきていないCNTs分布状態の定性的および定量的評価を行った。本論文の概要を以下に示す。本論文は、8章で構成されている。

第1章では、アルミナセラミックスとCNTsについて概説し、CNTs複合アルミナセラミックスの機械的性質向上に対する課題を明らかにし、本論文の目的を述べた。

第2章では、高分散処理して分散性を高めたカーボンナノファイバー(CNFs; 多層CNTsの一種)が複合体の微構造および機械的性質に与える影響を検討した。代表的な強化材として知られるセラミックウィスカーやカーボンファイバーとは異なり、CNFは複合体中でアルミナの粒界に沿って折れ曲がった。複合体の破壊靱性は、複合体の平均アルミナ粒径が微細なほど増大した。これは、粒界でのCNFsの折れ曲がりの数が、複合体の平均アルミナ粒径が微細なほど多くなり、その結果、複合体にクラックが伸

展した際に、CNFsの引き抜きに対する抵抗が大きくなったためと考えられた。

第3章では、CNFsの酸処理が複合体の微構造および破壊靱性に与える影響を検討した。0.5 hの酸処理により親水化したCNFsは複合体中に均一に分布し、アルミナの粒成長を効果的に抑制した。その複合体の破壊靱性は平均アルミナ粒径が微細なほど増大した。しかし、長時間酸処理して多量の欠陥を導入したCNFsは、クラックの伸展時に破断し、微細な粒径では破壊靱性は低下した。

第4章では、CNFs添加量が複合体の微構造および破壊靱性に与える影響を検討した。添加量1.6 wt%まではCNFsは複合体中に均一に分布したが、添加量2.5 wt%以上ではCNFsは著しくバンドル化した。CNFsが著しくバンドル化した複合体を除き、複合体の破壊靱性は、平均アルミナ粒径が微細なほど増大する傾向にあった。

第5章では、CNTsの繊維径が複合体の微構造および破壊靱性に与える影響を検討した。複合化したCNTsの繊維径が細いほど、複合体の平均アルミナ粒径は微細であった。また、欠陥量が多いCNTsを除き、繊維径のより細いCNTsを用いるほど複合体の破壊靱性はより高くなった。これより、繊維径のより細いCNTsを用いれば、複合体の破壊靱性の改善に効果があることが示された。

第6章では、繊維径の細いCNTsの熱処理が複合体の微構造と破壊靱性に与える影響を検討した。熱処理によってCNTsの欠陥量が減少し、結晶性が高くなった。その結果、複合体にクラックが伸展してもCNTは破断しにくくなり、熱処理していないCNTsを複合化したときよりも破壊靱性は高くなった。一方、熱処理したCNTsは複合体中でバンドルを形成し、複合体の破壊靱性は飛躍的には向上しなかった。そのため、繊維径が細く結晶性の高いCNTsがバンドルを形成せずに、1本1本個々に分布した複合体が作製できれば、さらに高い破壊靱性が得られると考えられた。

第7章では、第2章～第6章の結果をもとに、複合体の機械的性質改善の方向性と展望を述べた。

第8章では、複合体の微構造と機械的性質に関して、明らかになった点をまとめ、本論文の総括とした。