



Title	高性能アルミナー炭化ケイ素系複合材料の開発
Author(s)	中平, 敦
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38325
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	なか	ひら	あつし
博士の専攻分野の名称	博	士	(工学)
学位記番号	第	1 0 5 1 1	号
学位授与年月日	平成	5年2月1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	高性能アルミナ-炭化ケイ素系複合材料の開発		
論文審査委員	(主査)教授	新原 眞一	
	教授	城田 靖彦	教授 足立 吟也 教授 柳田 祥三
	教授	永井 宏	教授 横山 正明 教授 高椋 節夫

論文内容の要旨

本論文は、アルミナ系セラミックスの各種の機械的性質を飛躍的に向上させることを目的にして行った、アルミナ結晶粒の内部にナノメーターサイズの炭化ケイ素粒子が分散したナノ複合材料の開発に関する一連の研究をまとめたもので、以下の5章から構成されている。

第1章では、構造用セラミックス材料としてのアルミナの背景を説明し、本研究の目的と概要を述べている。

第2章では、粒径の異なる炭化ケイ素を均一に混合したアルミナの焼結過程と微細組織の観察結果について述べている。高分解能透過型電子顕微鏡による詳細な組織観察から、粒径が200nm以上の炭化ケイ素を添加した場合は、アルミナの粒界に炭化ケイ素が分散した従来型のミクロ複合材料が得られるが、しかし粒径が約100nm以下の炭化ケイ素を添加した場合は、焼結条件の最適化によりアルミナの結晶粒内に炭化ケイ素が分散したナノ複合材料が作製可能であることを明らかにしている。また、焼結法でナノ複合化を達成するためにはアルミナと炭化ケイ素の拡散速度の相違、並びに粒界の移動度の制御が重要な要因であることを示している。更に、炭化ケイ素ナノ粒子はマトリックスのアルミナと不純物を介すことなく原子レベルで直接結合していることを明らかにしている。

第3章では、作製した各種アルミナ-炭化ケイ素系複合材料の室温の機械的性質の評価を行ない、5vol%の炭化ケイ素をナノ複合化するだけで、強度が3倍以上も向上し1000MPa以上に達するのみでなく、破壊靭性も1.5倍改善できることを示している。ミクロ・ナノ組織、クラックとナノ分散粒子間の相互作用の詳細な観察から、本ナノ複合材料の高靭性化は炭化ケイ素ナノ粒子によるクラック偏向によるものであり、高強度化は炭化ケイ素ナノ粒子に起因するアルミナ粒内のナノレベルの組織制御と残留応力に起因することを明らかにしている。また、このナノ複合材料は1200°C以上で熱処理することにより、アルミナ粒内の炭化ケイ素ナノ粒子の周囲に転位がパイルアップし、サブ粒界が生成するために破壊源寸法が著しく減少し、強度が1500MPa以上にまで向上するとともに、マトリックスのアルミナの結晶粒が粗大化し、不均質になってしまっても強度は低下せず、逆に強度のバラツキが著しく改善されることを明らかにしている。

第4章では、本複合材料の高温の機械的性質の評価を行い、アルミナ単相やミクロ複合材料と比較し、アルミナー炭化ケイ素系ナノ複合材料が著しく優れた高温強度、高温硬度、クリープ抵抗を示すことを見いだし、これらの改善が炭化ケイ素ナノ粒子によるスロークラックグロースおよび転位移動の抑制に起因していることを示している。また、この炭化ケイ素ナノ粒子による転位移動の抑制により、脆性／延性転移温度が400°C以上も改善され、アルミナ系セラミックスの高負荷での使用温度が大幅に改善されることを見いだしている。

第5章では、アルミナー炭化ケイ素系ミクロおよびナノ複合材料に関して本研究で明らかになった成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、従来、セラミックスの最小構成単位と考えられてきた結晶粒の内部に、ナノサイズの第2相を分散させるナノ複合化により、アルミナ系セラミックスの各種の機械的性質を飛躍的に改善することを試みた一連の研究成果をまとめたもので、主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 製造プロセスを最適化する事により、アルミナの結晶粒内にナノサイズの炭化ケイ素粒子が分散したナノ複合材料の焼結法による製造に、世界に先駆けて成功し、更に高分解能電顕観察等により、ナノ複合化を達成するための条件を明確にしている。
- (2) ナノ複合化によりアルミナの各種の機械的特性が飛躍的に改善されることを見いだし、特に強度は僅か 5vol% の炭化ケイ素をナノ複合化するだけで5倍以上も、韌性は1.5倍以上も改善されることを明らかにしている。また、本ナノ複合材料の微細組織の詳細な観察から、高強度化はアルミナと炭化ケイ素の熱膨脹係数差に起因する残留応力により、アルミナ粒内に転位のネットワークとサブ粒界が形成され破壊源寸法が著しく減少するためであり、また高韌化は炭化ケイ素ナノ粒子によるクラック偏向によることを明らかにしている。
- (3) 本研究で開発したナノ複合材料は、アルミナの結晶粒が粗大化・不均質化しても強度は低下せず、強度のバラツキは逆に減少することを見いだしている。この知見は、本研究で開発されたナノ複合材料が実用的な見地からも非常に有望であることを示している。
- (4) 高温機械的性質の評価から、炭化ケイ素ナノ粒子は、特にスロークラックグロース及び転位移動の抑制に威力を発揮し、高温硬度、高温強度、クリープ変形抵抗を著しく改善することを明らかにしている。
- (5) 最終的に、本研究で開発したアルミナ系ナノ複合材料が、窒化ケイ素や炭化ケイ素系セラミックスに匹敵しうる高温構造用材料として有望であることを明らかにしている。

以上のように、本論文はアルミナー炭化ケイ素ナノ複合材料の焼結法による製造に世界で初めて成功し、またナノ複合化でアルミナの各種の機械的性質が室温から高温まで飛躍的に改善されることを見いだしている。更に転位を利用したセラミックスの材料設計の可能性も世界で初めて明らかにしており、材料工学、高温工学、プロセス工学の発展に寄与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。