

平成9年1月10日

機能材料工学専攻	学籍番号	913530
申請者氏名	武藤浩行	

指導教官氏名	逆井基次
--------	------

論文要旨 (博士)

論文題目	多結晶セラミックスの高温レオロジー
------	-------------------

近年のセラミックスブームにより、従来、金属材料が担ってきた領域をも凌駕すべく多くの優れたセラミックス高温構造材料が登場し徐々にはあるが実用に供されつつある。その中で高温構造材料への実用化に向けたセラミックスの高温下における、時間依存型高温変形挙動の把握は極めて重要であり、古くから研究され(主にクリープ変形)、その歴史は約100年にも遡る。

しかしながら、これらの高温変形理論において、Domの構成方程式 $\dot{\epsilon} = \sigma^n$  ( $\dot{\epsilon}$ :歪速度,  $\sigma$ :応力,  $n$ :応力指数)を用いた現象論的な解析が大多数である。構成粒子(原子, イオン)の拡散に支配される非弾性変形は注目するセラミックスの「粘弾性変形」として発現し、転位が支配的な場合には非弾性変形に要する応力に敷居値(降伏応力)が存在するために「弾塑性変形」として分類されるためにレオロジー的にはこれらの両変形様式は全く異なる構成方程式、数学的な解析を用いなければならない。現在の高温変形理論において、Domの式が万能薬であるがごとく、全ての材料、全ての状況下において適用されているという事実疑問を抱かずにはいられない。この手法は工学的な高温変形の記述としてはある程度の成功をおさめたといえるが、科学(学問)的な要求を満たすまでには至っていない。既存の高温変形理論/実験に頼る限り、21世紀の先端技術を支えるセラミックス材料の高温変形挙動を定量的に記述する事は困難である。

本論文の目的は、約100年の歴史を有するセラミックスの高温変形理論において、定常歪速度だけで議論される「応力指数神話」を打破する事にあり、この分野に革新をもたらす体系的な理論構築を行うための糸口を模索することにある。その第一歩として1) 単純せん断変形による高温試験法の開発、2) 弾性場を考慮した粒界すべりと粒間拘束を記述する構成方程式の導出、の2つの試みがなされた。

1) 単純せん断試験法の開発

単純せん断変形様式 (Simple shear Deformation) は高温変形中に体積変化、応力勾配が存在しないため、定量的な解析を行う上で不可欠となる信頼性の高い実験結果を得ることが出来る優れた方法である。また、微少応力/歪における測定を行うことで重複して発現してくると考えられる様々な変形素過程(拡散、転位、粒界すべり、粒界キャビティーの生成)を実験的に分離する事が可能である。

2) 弾性場を考慮した粒界すべりと粒間拘束を記述する構成方程式の導出と実験的検証

粘性粒界物質の流入/流出(Squeezing-in/out)に関する粒界すべり・粒間拘束(Grain-interlocking)現象は多結晶セラミックスの高温変形の極初期に発生する重要な機構であるが粘性流動のみを取り扱う既往の理論の範疇では説明することが出来ず無視される場合が多い。本研究においては焼結粒子に起因する弾性場と粒界液相に起因する粘性変形の両者を考慮することで粒界すべり(Grain-boundary Sliding) を記述する変形構成方程式が導出されクリープ変形のみならず応力緩和現象も理論的に説明する事が可能となった。また、単純せん断試験法によって得られた実験データはこれらの構成方程式論に基づいて解析され、粘弾性的に重要な知見を得ることができた。