



Title	微細組織制御による難加工性材料の高温変形能向上
Author(s)	石原, 知
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3184331">https://doi.org/10.11501/3184331</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	いし 石 原 知
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 5 8 2 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 13 年 1 月 29 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	微細組織制御による難加工性材料の高温変形能向上
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 古 城 紀 雄
	(副査) 教 授 齋 藤 好 弘    教 授 馬 越 佑 吉    教 授 森 博 太 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、急冷凝固 Al-Si 系粉末合金およびセラミックス材料における高温変形挙動、および、微細組織制御による高温変形能の向上に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の 9 章で構成されている。

第 1 章は序論であり、本論文の背景、目的および論文の構成について記している。

第 2 章では、急冷凝固 Al-Si 系粉末合金の基本的な組成である Al-17%Si-4.5%Cu-0.5%Mg 合金における引張変形に及ぼす温度と歪速度の影響について調べている。その超塑性変形挙動を明らかにしており、とくに、粒界に生じる微量の液相の効果を示している。

第 3 章では、Al-17%Si-4.5%Cu-0.5%Mg 合金において、高温引張変形に及ぼす、Si 粒径、Fe 添加量、および、希土類元素添加の各影響を明らかにした上で、超塑性に及ぼす金属組織的要因を考察している。また、希土類元素を 2%添加した合金は高速超塑性を示すことを報告している。

第 4 章では、焼結助材なしに焼成された高純度アルミナ多結晶材料を用いて、高温圧縮試験と組織観察を行い、変形機構を総括的に考察している。また、空隙が主に粒界三重点から生じ、空隙の面積率は歪量に比例して増加することを報告している。

第 5 章では、アルミナ-20%ジルコニア二相セラミックスの超塑性変形において、仮想けがき線法およびステレオ写真解析法により、粒界すべり量を評価し、全歪に対する粒界すべりの寄与を定量的に求めている。

第 6 章では、アルミナ-20%ジルコニア二相セラミックスの圧縮超塑性に及ぼす温度と歪速度の影響を調べ、高歪速度域と低歪速度域で変形挙動が異なることを示している。さらに、5 章の結果と併せて、両歪速度域での変形機構を総括的に考察している。

第 7 章では、高分子を焼成して得られた Si-C-N 系セラミックスについて、バルク材の緻密化方法を検討している。その結果、焼成粉末の圧粉成形体に熱間静水圧プレス処理を施すプロセスを用いて空隙がほとんどないバルク材を作製できることを報告している。さらに、緻密化した材料が微細な二相組織からなり、1600℃以上では圧縮変形が可能であることを示している。

第 8 章では、Si-C-N-B 系セラミックスについて、同様に緻密化した材料における組織と高温変形挙動を調べている。この材料の組織はアモルファス相をマトリックスとするものであり、1650℃以上では非ニュートン粘性流動による圧縮変形が可能となることを示している。

## 論文審査の結果の要旨

粉末冶金合金、ファインセラミックスなど、新素材の多くが強度などの特性に優れている反面、加工性に乏しいことが材料の実用化に対して大きな課題となっている。材料の熱間加工性を著しく向上させる方策として、超塑性現象の応用が考えられる。しかしながら、これら新素材の超塑性変形機構に関しては、不明な点が多い。本研究は、急冷凝固 Al-Si 系粉末合金、および、各種セラミックス材料において、高温変形挙動を調べ、さらには、非平衡組織制御を応用して材料の高温変形能を向上させる手法を検討したものである。本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 急冷凝固粉末合金は溶製材と比べて組織が微細となり、多くの合金で高速超塑性が報告されている。ところが、Al-Si 系粉末合金は、アルミニウム粉末合金の中で最も実用的な合金系にも関わらず、その超塑性に関する研究は少ない。本研究では、Al-17%Si-4.5%Cu-0.5%Mg 合金において、500℃と520℃で超塑性が発現することを示し、520℃の場合には、Si の偏析により結晶粒界に微量の液相が生じ、500℃の場合より超塑性が発現する歪速度が高くなることを見出した。さらに、Si 粒径や合金組成の影響を系統的に調べ、破断伸びに及ぼす金属組織的要因を整理するとともに、希土類元素を添加した合金は高速超塑性を示すことを見出した。
- (2) アルミナセラミックスの高温変形については多くの研究がなされている。しかしながら、これまでの研究に用いられている多結晶材料は、焼結助材が添加されていたり、純度が十分高くない場合が多く、アルミナ多結晶材料本来の高温変形挙動が十分に調べられているとは言えない。本研究では、高純度の材料を用いて高温変形挙動を系統的に調べた。また、空隙が主に粒界三重点から生じ、空隙の面積率は歪量に比例して増加することを見出した。
- (3) セラミックス材料においても、超塑性現象が多く報告されている。しかし、その変形機構に関しては不明な点が多い。とくに、セラミックスの超塑性においても粒界すべりが主な変形機構であると考えられているにもかかわらず、粒界すべりの寄与を直接評価した報告はほとんどない。本研究では、アルミナ-20%ジルコニア二相セラミックスの超塑性変形において、ステレオ写真解析法を応用することにより、粒界すべりの寄与を定量的に求めた。さらに、この材料の高温変形において、高歪速度域と低歪速度域で変形機構が異なることを示した。
- (4) 非酸化物系セラミックスに関しては、粒界相が存在するものを除き、超塑性の報告はほとんどない。本研究では、非酸化物系セラミックスにおいても非平衡組織制御を応用することにより変形能を向上させることができると予想し、アモルファスの炭窒化物系セラミックス材料を作製できる高分子ブリカーサー法に着目した。ところが、この方法では焼成中にガス成分が生じるために、バルク材としてはこれまで緻密なものが得られていなかった。本研究で緻密化手法を検討した結果、焼成粉末の圧粉成形体に熱間静水圧プレス処理を施すプロセスを用いて十分な緻密化に成功した。また、このプロセスによる Si-C-N-B 系セラミックスは、アモルファス相をマトリックスとし、1650℃以上では非ニュートン粘性流動による圧縮変形が可能となることを示した。

以上のように、本論文は、各材料について高温変形挙動を金属組織学的に考察している。そのうち、セラミックスの超塑性変形における粒界すべりの評価においては、ステレオ写真解析法という新しい手法を用いている。また、Al-Si 系粉末合金において、高速超塑性を示す合金を見出している。さらには、高分子ブリカーサー法によるセラミックス材料において緻密なバルク材を作製することに成功し、また、非酸化物系セラミックスにおいても高温変形能の向上に対して非平衡組織制御が有効であることを初めて明確にしている。これらの研究成果は、超塑性変形機構の解明および材料開発指針の確立に関し、多くの有益な知見を含んでおり、材料工学の発展に寄与するところが多い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。