

アルミナの超塑性加工に関する基礎的研究

大阪大学 工学部 材料物性工学科

古城紀雄

(昭和63年度研究開発助成 AF-88010)

1. 研究の目的

近年、セラミックスは原料粉末の高純度化、微細化の技術開発が進歩し、それまでのセラミックスと比べて格段に優れた電気的特性、機械的特性を持つようになり、機能材料、構造材料の両面で大きな期待を担っている材料の一つとなってきた。しかしセラミックスは室温付近ではほとんど塑性変形を行わない脆性材料であるという難点を持つため、セラミックスの製造過程としては最終製品に近い形状に焼結し、その後切削加工によって最終形状に仕上げるのが一般的である。このような材料においても1000℃を越えるような高温では塑性変形を示すようになる。最近微細結晶粒を持つZrO₂セラミックスにおいて低応力で数100%もの伸びが発生することが報告され、これは従来金属材料において発見されていた超塑性現象と同様な現象であるとして注目された。その後Si₃N₄などの非酸化物系や他のセラミックスにおいても超塑性が発見され、セラミックスの塑性変形の可能性を確実なものとし、加工の方法として切削だけでなく塑性加工にも新たな発展を期待できるものとなった。

このようにセラミックスの超塑性についてかなりの研究が重ねられ、変形特性が多く研究されつつあるが、その変形機構については今だ不明な点が多い。また、超塑性において重要である粒界すべりの観察およびその定量的評価を行っている研究もあるがその評価方法については未だ統一されていない状況にある。そこで本研究では試料として、粒成長が抑制されて超塑性が発現しやすいと考えられるAl₂O₃/ZrO₂二相セラミックスを用いて高温圧縮試験を行って変形特性を調べ、stereo

写真解析による結晶粒間の段差量の定量的測定方法を用いて粒界すべり挙動の定量評価を行い、セラミックスの超塑性変形機構について検討した。

2. 研究方法

試料として3mol% Y₂O₃を含むZrO₂ 20wt%とAl₂O₃ 80wt%からなる二相セラミックスを用いた。変形特性は断面5mm×5mm、高さ10mmの試験片を用い、これを1673~1873K、初期ひずみ速度 $3.3 \times 10^{-5} \sim 1.7 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ での圧縮試験によって調べた。試験に先立ち、試料側面をエメリー紙およびダイヤモンドペーストにより鏡面にし、1573K 1hの熱腐食を行い、SEMを用いて組織観察を行った。また、圧縮試験後に変形前に観察したと同じ領域の組織観察を行い、変形前後の組織変化を比較した。これに加えて、TEMおよびHIREMによる観察も行った。粒界すべり量の算出には通常けがき線法が用いられるが、本実験ではこの方法の適用が困難であったため、公称ひずみ20~25%の変化を与えた後、試料側面に生じる隣合う結晶粒間の段差に着目した。この段差量をstereo写真を用いて測定し換算する方法を採った。

3. 研究の結果

(1) 変形前の組織を観察した結果、本試料においてはAl₂O₃-Al₂O₃界面、Al₂O₃-ZrO₂界面でのガラス相の存在は確認されなかった。

(2) 本実験で行った圧縮試験においては著しい加工硬化は見られず、ほぼ一定の応力での変形が可能であった。

(3) 変形応力のひずみ速度依存性を調べた結果、

特定の応力以上でひずみ速度感受性指数 m が約 1.0、それ以下では約 0.5 となり応力域によって m 値が変化した。これと Al_2O_3 の変形機構図とを併せて考察した結果、本実験条件は高応力域では Al^{3+} の粒界拡散クリープ、低応力域においては Al^{3+} の界面反応拡散クリープが支配的になると考えられる。

(4) 変形への粒界すべりの寄与率は高応力域で

は約 60~70% となり、低応力域で約 40~60% に減少する結果となった。

4. おわりに

本研究のかなりの部分は天田金属加工機械技術振興財団の研究開発助成金によって遂行可能となったことを付記し深謝申し上げます。