

微波烧结 ZTA 陶瓷力学性能研究

张锐 卢红霞
(郑州工业大学材料系)

摘要 选用微波烧结新工艺,对 ZTA 陶瓷力学性能进行了研究,获得了较传统烧结工艺优良的陶瓷力学强度和断裂韧性。同时,新工艺改善了陶瓷体的显微结构。

关键词 微波烧结;常压烧结;断裂韧性

中图分类号 TQ174.12

0 概论

高新技术的发展促使材料科学领域出现崭新的局面,各种新材料、新工艺相继出现。陶瓷材料以其高强、高硬、耐磨、耐腐蚀等特点逐渐成为材料科学研究的一个重要分支;围绕着改善陶瓷材料性能,提高其使用可靠性,相关领域专家学者开展了新工艺的研究,而微波烧结(Microwave Sintering)以其独有的特点,为陶瓷研究带来新的生机。

1 微波烧结陶瓷特点

微波烧结陶瓷首先由加拿大科学家 Tinga 于 1968 年提出^[1]。美国、日本等国家也先后开展了这一方面的研究,并能成功地对 SiC 陶瓷,氧化铝陶瓷等进行烧结^[2,3,4]。研究结果表明,微波烧结不同于传统烧结(Conventional Sintering)的热辐射、传导、对流加热方式,而是使处于微波场中的材料自身发热,因而具有许多优点^[5]:

- (1)烧结温度高,升温速率快;
- (2)烧结时间短,高效节能;
- (3)自身发热,热量转移与气流无关,与周围环境热交换少,减少了环境污染;
- (4)体积发热,使材料内部缺陷减少。

2 实验过程

ZTA 是 ZrO_2 相变增韧 Al_2O_3 陶瓷的简称。

2.1 本实验首先制备了以 Y_2O_3 和 Ce_2O_3 共同作为稳定剂的具有亚稳四方相的 ZrO_2 超细粉料,平均粒径约 20nm。

2.2 通过传统常压烧结分别对 6 组不同配比的 ZTA 陶瓷进行力学性能比较,选择较好的

收稿日期:1997-11-24

第一作者 男 1967 年 10 月生 硕士学位 讲师

三组配方,ZTA1、ZTA2、ZTA3。

2.3 分别对以上三组配方进行不同烧成温度试验,升温速率平均 $120^{\circ}\text{C}/\text{小时}$,最高烧成温度下保温 2 小时,确定常压烧结较理想的温度范围为 $1550\sim 1600^{\circ}\text{C}$ 。

2.4 对以上三组配方进行微波烧结试验,力学性能和显微结构与常压烧结相对比。微波烧结速率 $12^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$,最高烧成温度下保温 15 分钟。

3 实验结果与讨论

3.1 ZTA 陶瓷相变增韧的机理

Al_2O_3 基体中 ZrO_2 颗粒由四方相(Tetragonal Phase)(简称为 $t\text{-ZrO}_2$)向单斜相(Monoclinic Phase)(简称为 $m\text{-ZrO}_2$)转变,产生体积膨胀和切应变,从而诱发微裂纹和张应力,某些小尺寸 ZrO_2 粒子成为微裂纹前身,限制内部缺陷至最小尺寸,微裂纹的张开、扩展、成核(闭合)消耗了外加应力场能量,从而提高材料的韧性和强度;研究表明:包在 Al_2O_3 晶粒内部的 $t\text{-ZrO}_2$ 相变能力较处于 Al_2O_3 晶粒间界处或晶界交叉位置弱^[6]。

3.2 两种工艺 ZTA 陶瓷力学性能比较

C-ZTA 表示常压烧结,M-ZTA 表示微波烧结。

(1)图 1 显示,在相同的烧成温度下,微波烧结 ZTA 陶瓷的相对密度高于常压烧结结果,相同的瓷体密度下,微波烧结温度比常压烧结温度约低 80°C ; 1550°C 左右,微波烧结即可使瓷体相对密度达到 99% 以上,这说明微波烧结显著降低了 ZTA 陶瓷致密化温度。

(2)图 2(a)、(b)分别表明了两种烧结工艺下,ZTA 陶瓷的力学性能。显然,微波烧结使

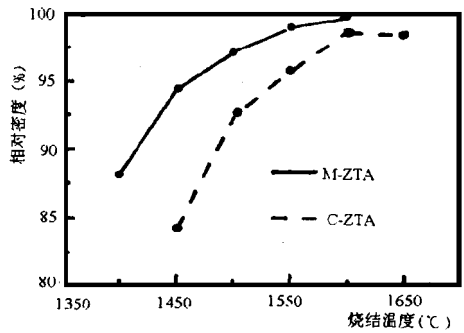
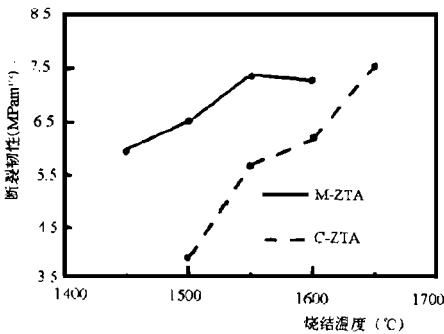
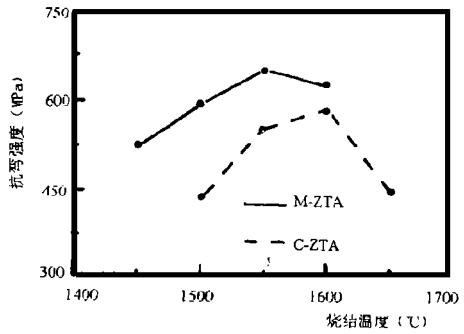


图 1 ZTA 陶瓷相对密度随温度变化曲线



(a)



(b)

图 2 ZTA 陶瓷力学性能曲线

ZTA 陶瓷的抗弯强度提高了;同时提高了其断裂韧性。

(3)三种参数表明,对于所研究配比的 ZTA 陶瓷,理想的微波烧结温度范围为 $1450^{\circ}\text{C}\sim 1550^{\circ}\text{C}$ 。在此范围内,微波烧结能实现 ZTA 陶瓷的致密化烧结(相对密度 $> 95\%$),抗弯

强度和断裂韧性都保持较高水平;而对于常压烧结,烧成温度范围则为 1550℃~1600℃;1650℃下烧成时尽管瓷体密度和断裂韧性有较高数值,但抗弯强度却剧烈下降,这与晶粒高温下再结晶过分长大有关。因此,微波烧结促使 ZTA 陶瓷的烧成温度范围宽化。

(4)对同种 ZTA 材料分别在常压烧结和微波烧结下的表面 SEM 形貌,表面经抛光后进行热腐蚀。

结果发现,常压烧结的 Al₂O₃ 基体大颗粒中包裹的 t-ZrO₂ 颗粒较多;基体 Al₂O₃ 颗粒较大,且不均匀;而微波烧结的 Al₂O₃ 基体中,t-ZrO₂ 颗粒多存在于晶界交叉处,因而易于相变;同时,基体 Al₂O₃ 颗粒尺寸较小,且分布较均匀。这有效地解释了后者具有较高的断裂韧性和抗弯强度的原因,同时也表明,微波烧结改善了陶瓷材料的显微结构。

4 结 论

相对于传统烧结工艺,微波烧结降低了陶瓷材料的烧成温度,使烧成温度宽化,提高了陶瓷体的力学性能,改善了显微结构,使晶粒均匀、细化。

参考文献

1 D·M·P·Ningos,D·R·Baghurst Journal,91[4](1992)124
2 M·A·Janney,H·D·Kimrey Ceranic Power Science II,919~924
3 H·D·Kimrey,M·A·Janney proc·Mater/Res·Soc.,124(1988)36
4 W·H·Sutton Am·Ceram·Soc·Bull.,68[2](1989)376
5 钱鸿森·微波加热技术及应用·北京:科学技术出版社,1985.35~42
6 郭景坤·陶瓷的脆性与增韧·硅酸盐学报,1987.15(5):385

Study on the Mechanical
Properties of Microwave Sintered ZTA Ceramics

Zhang Rui Lu Hongxia
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract Microwave Sintering, as a new aspect on the study of ZTA ceramics, improves the bending strength and the fracture toughness K_{IC} of ZTA and the micro structure.

Keywords microwave sintering;conventional sintering;fracture toughness