

文章编号 :1007 - 6492(2000)04 - 0045 - 03

# 常压烧结与微波烧结 ZTA 陶瓷性能

张 锐<sup>1</sup>,王利国<sup>1</sup>,卢红霞<sup>1</sup>,许红亮<sup>1</sup>,谢志鹏<sup>2</sup>,郑隆烈<sup>2</sup>

(1. 郑州工业大学材料科学与工程系,河南 郑州 450002;2. 清华大学材料科学与工程系 北京 100084)

摘 要:选择  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$  系统,采用微波烧结及常压烧结两种工艺,分别对 ZTA 陶瓷的力学性能和摩擦性能进行了测试比较,简单分析了影响 ZTA 陶瓷摩擦性能的主要因素,微波烧结使陶瓷的烧结温度降低,致密度提高,摩擦因数增大,磨损量减小。

关键词:磨损量;微波烧结;常压烧结

中图分类号:TQ 174.13 文献标识码:A

## 0 引言

陶瓷的微波烧结是一种利用微波能使陶瓷材料自身发热的新型烧结工艺,其主要特点是:烧结温度高,升温速率快,烧结时间短,高效节能,改善陶瓷的显微结构等。根据材料与微波作用结果的不同,可以将材料分为:透明体(微波可以穿透)、微波绝缘体(反射微波)和微波吸收体(吸收微波)<sup>[1]</sup>,只有微波吸收体才能被微波有效烧结。决定微波烧结速率的因素主要有:材料的介质损耗(直接影响微波能在材料中的耗散性能)、集肤深度(微波能在材料内衰减为  $1/e$  入射能量的深度)、以及描述材料与微波的耦合性能、热剧变(温度剧烈升高失控)。微波烧结过程中的热剧变不利于材料性能的稳定性。

由于  $\text{Al}_2\text{O}_3$  自身介质损耗较小,室温下不易吸收微波,因此,选择电导损耗较大的  $\text{ZrO}_2$  组成 ZTA 复合材料,可以实现有效微波烧结。烧结样品性能与常压烧结进行比较,得到一些有关微波烧结的性能特点。

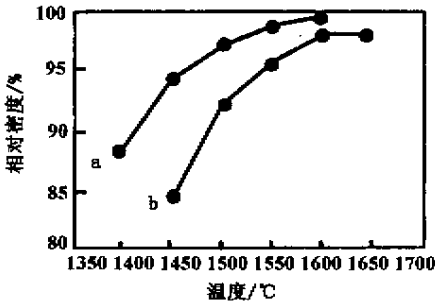
## 1 试验方案

采用共沉淀法制备以  $\text{Y}_2\text{O}_3$  和  $\text{Ce}_2\text{O}_3$  作为稳定剂的超细四方相  $\text{ZrO}_2$  粉料,其平均粒径约为 20 nm;分别对不同配比的 ZTA 材料进行常压烧结试验和微波烧结试验,微波频率为 2.45 GHz,最大输入功率为 1600 W,烧结样品的瓷体密度采

用排水测量,抗弯强度采用三点弯曲法测量,磨损量由 Talysurf - 5P 星形表面形貌仪测量。

## 2 试验结果与讨论

不同烧结温度下,常压烧结 ZTA 陶瓷(以下简称 C - ZTA)与微波烧结 ZTA 陶瓷(以下简称 M - ZTA)的相对密度变化如图 1 所示。



a—微波烧结;b—常压烧结

图 1 ZTA 陶瓷的相对密度

图中结果显示,烧结温度相同时,M - ZTA 的瓷体相对密度大于 C - ZTA;瓷体密度相同时,微波烧结温度低于常压烧结温度;M - ZTA 相对密度在 1550 °C 左右已达 99% 以上,而对于常压烧结,在相应的温度下却无法实现致密化烧结。显然,微波烧结可以降低 ZTA 陶瓷的烧结温度,有效提高 ZTA 陶瓷的相对密度。

图 2 是在本实验条件下测得的 ZTA 陶瓷的抗弯强度 - 烧结温度曲线。

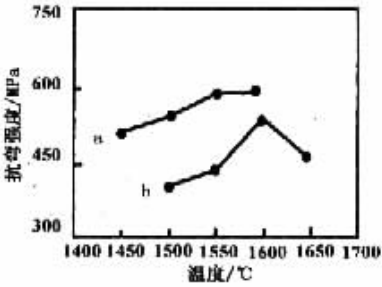
由图 2 可以看出,烧结温度相同时,M - ZTA

收稿日期 2000 - 02 - 30;修订日期 2000 - 06 - 18

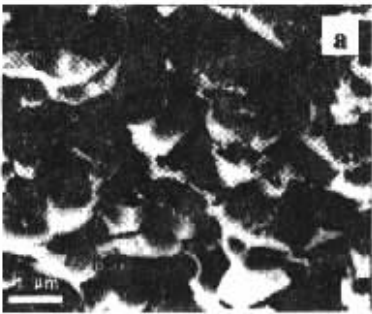
基金项目 国家自然科学基金资助项目(59772009)

作者简介:张 锐(1967 - ),男,河南省淮阳县人,郑州工业大学讲师,硕士,主要从事无机非金属材料方面的研究。

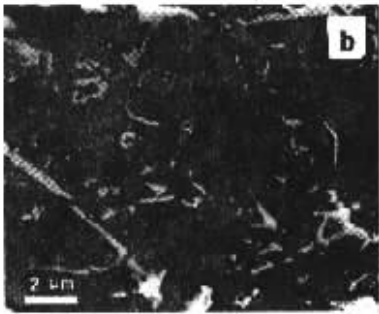
的抗弯强度高于 C - ZTA ,而在 1450 ~ 1600 ℃ 的温度范围内 ,M - ZTA 的抗弯强度均在500 MPa以上 .



a—微波烧结 ;b—常压烧结  
图 2 ZTA 陶瓷的抗弯强度



( a ) 微波烧结



( b ) 常压烧结

图 3 ZTA 陶瓷的 SEM 照片

磨损量的大小直接影响着材料的使用寿命 ,通常以样品表面的磨损深度表示磨损量 .

图 4 表示了不同烧结工艺下制备的 ZTA 陶瓷样品在不同载荷下的磨损量 .显然 ,相同载荷下的 M - ZTA 样品的磨损量小于 C - ZTA 样品 ,即微波烧结使 ZTA 陶瓷的耐磨性提高 .根据克拉盖尔斯基的“ 分子 - 机械理论 ”,摩擦的过程就是克服表面微凸体的机械嵌合、犁沟以及表面分子引

上述结果与微波烧结提高了 ZTA 陶瓷 ,的致密度有关 .

众所周知 ,致密度与显微结构如颗粒尺寸和尺寸分布是影响陶瓷材料力学性能的两个主要因素 .致密度越高 ,陶瓷的力学强度越高 ,图 1 的变化趋势较好地解释了图 2 中的实验结果 .通过 SEM 观察( 如图 3 所示 ) ,我们发现 :相对于常压烧结 ,微波烧结使 ZTA 陶瓷的晶粒尺寸减小且分布均匀 ,如图 3 所示 ,1550 ℃ 下烧结的 M - ZTA 平均粒径约为 2 μm ,瓷体内无异常长大颗粒 ;而 C - ZTA 样品的晶粒分布不均匀而且尺寸较大 ,1600 ℃ 下烧结时 ,其平均粒径大于 7 μm ,且存在异常长大颗粒 ,将成为薄弱点而使陶瓷呈现较低的强度 .

力的过程 ,该理论提出 ,磨损主要与摩擦配对( 摩擦副 )材料种类、材料的表面状况、材料硬度、弹性模量、强度、微观结构等因素有关 .强度越高、显微结构越均匀等有助于降低陶瓷材料的磨损量<sup>[ 2 ]</sup> .

3 结 论

相对常压烧结 ,微波烧结使 ZTA 陶瓷的烧结温度降低 ,使 ZTA 陶瓷在 1450 ~ 1600 ℃ 温度范围内均能有效烧结 ,而常压烧结 ZTA 陶瓷的烧成温度约为 1600 ℃ ;致密度提高 ,结构均匀 ,颗粒尺寸减小 ,颗粒分布均匀 ;此外 ,微波烧结可以有效降低 ZTA 陶瓷的磨损量 .

参考文献 :

[ 1 ] SUTTON W H. Microwave processing of ceramic materials [ J ]. Am Ceram Soc Bull ,1989 68( 2 ) 376.  
[ 2 ] 王一霖 . 摩擦、磨损及润滑手册 [ M ]. 北京 : 机械工业出版社 ,1985 .

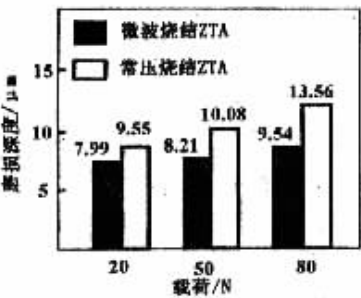


图 4 ZTA 陶瓷不同载荷下的磨损量

## Properties of ZTA Ceramics Made with Microwave and Conventional Sintering Method

ZHANG Rui<sup>1</sup> , WANG Li - guo<sup>1</sup> , LU Hong - xia<sup>1</sup> , XU Hong - liang<sup>1</sup> , XIE Zhi - peng<sup>2</sup> , ZHENG Long - lie<sup>2</sup>

( 1. Department of Material Science & Engineering ,Zhengzhou University of Technology ,Zhengzhou 450002 ,China ;2. Department of Material Science & Engineering ,Tsinghua University ,Beijing 100084 ,China )

**Abstract** :An  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$  ( ZTA ) system was chosen for investigation . Samples were sintered by microwave sintering or conventional sintering , Compared with conventional sintering process , microwave sintering enables to improve properties of sintered ZTA ceramics , as lower sintering temperature , finer microstructure , increase mechanical properties and decrease rubbing loss .

**Key words** :loss ; microwave sintering ; conventional sintering

万方数据