

爆炸法制备锆英砂活性微粉

马成辉 张登霞 刘小苹 马宗魁

(中国科学院力学研究所)

Using Explosive Method to Produce Active Micropowder of Zircon

Ma Chenghui Zhang Dengxia Liu Xiaoping Ma Zhongkui

(Mechanical Research Institute, the Chinese Academy of Sciences)

摘 要

本文提出一种制备锆英砂($ZrSiO_4$)活性微粉的新方法,即将原始粉末经爆炸予处理后,再进行常规研磨,制备具有较好活性的微粉。爆炸予处理时把锆英砂粉末装在包套内,粉状炸药装在围在包套外的纸筒内,炸药从一端起爆。

为了了解爆炸予处理锆英砂粉末的效果,将经爆炸予处理的粉末和原砂分别进行了以下分析:显微硬度、相组成、晶格畸变和晶粒度、颗粒形貌、颗粒度、白度。实验结果给出:1. 经爆炸予处理的锆英砂,颗粒内部缺陷明显增加;2. 以研磨后获得相同平均粒径($1.12\mu m$)为准,用原砂需要研磨216hr,而用爆炸予处理的锆英砂,只需研磨70hr;3. 爆炸予处理的锆英砂粉末活性优于原砂。上述结果表明,爆炸予处理锆英砂粉末技术是一项有发展前途的新工艺。

一、前 言

制备性能优异的超细粉末是近年来高科技领域中的一个重要课题。尤其是陶瓷粉末,为了使制品达到预期的性能要求,关键工艺要求之一是原始粉末必须足够细(一般小于 $1.0\mu m$)。我们试图把爆炸技术引入制备陶瓷超细粉末工艺,即将原始粉末经爆炸予处理后,再进行常规研磨,制备具有较好活性的微粉。首先对锆英砂粉末进行了这种方法的初步研究。

锆英砂($ZrSiO_4$)是一种重要的陶瓷和耐火材料原料。在建筑卫生陶瓷行业,锆英砂作为釉料中的乳浊剂,以其资源丰富,价格低廉、对窑炉烧成气氛和温度抵抗性强等优点而被广泛应用。为了提高陶瓷制品的质量(白度、光泽度、遮盖力等),在釉料配方中,一般

要求锆英砂的粒度小于 $2\mu m$ 。目前国内加工锆英砂超细粉末的设备和工艺技术比较落后,致使诸多陶瓷厂锆英砂生乳釉的白度一直徘徊在73~77%之间。而白度的高低有赖于锆英砂的颗粒度和活性。因此,探讨锆英砂超细化新工艺具有一定的工业实用价值。

对锆英砂采用爆炸予处理,可以达到明显的粉碎效果,活性也有所提高。早在六十年代, O. R. Bergmann et al.^[1]就曾研究过爆炸激波对诸多陶瓷粉末的影响,例如 SiC、 Al_2O_3 、MgO。随后的许多研究表明,激波对陶瓷粉末主要产生三种效应^[2]: 1. 颗粒度变小; 2. 晶粒度变小; 3. 微应变增加。对于离子键强的材料(例如 MgO、 Al_2O_3),经爆炸处理后,粉末颗粒内部微应变明显增加。对于共价键强的材料(例如 B_4C 、SiC),经爆炸处理后,主要效应是颗粒度变小。研究结果还表明,无

论上述的哪种类型的粉末材料,经爆炸处理后的粉碎效果和活性均优于未处理的原始粉末材料。锆英砂处于离子键与共价键之间,对这种粉末材料进行爆炸处理的研究尚未见过报道。

二、实 验

粉末材料的爆炸处理机制很复杂,影响因素很多。其中主要包括粉末材料、包套和炸药等因素。例如粉末材料的成键类型、在包套内的堆装密度;包套的形状、材质、尺度及壁厚;炸药的爆轰速度、密度等。这里参考粉末材料爆炸烧结的实验方法,综合考虑粉末材

料的爆炸予处理过程。研究的材料为粒度小于 $125\mu\text{m}$ 的锆英砂。选择实验参数的基本原则:1. 粉末颗粒受爆炸激波作用后要使颗粒内部产生足够大的缺陷。2. 绝热剪切颗粒相互作用,塑性变形产生的热不足以使粉末颗粒发生烧结。3. 粉末材料的充填密度不超过理论密度的70%。通过试验研究探索:1. 利用爆炸予处理制备锆英砂活性微粉的可行性;2. 爆炸予处理对粉末材料的粉碎效果;3. 爆炸予处理对粉末材料的活性影响。

为了比较锆英砂受爆炸作用后性质及粉碎效果的变化情况,我们按下列程序进行实验:

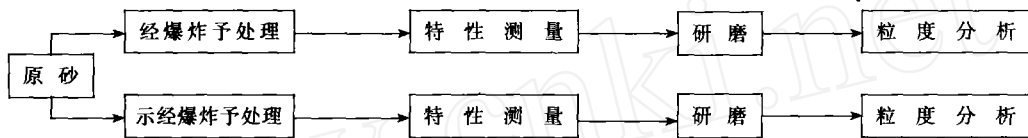


图1是实验装置示意图。把锆英砂填充在包套内,包套采用园柱形,材料为低碳钢,壁厚为1.0mm,内径为38mm。填充密度为锆英砂理论密度的60%左右。炸药为铵油与少量黑索金的混合物,黑索金用来调节炸药的爆轰速度,其值在 $2500\sim 4000\text{m/s}$ 范围内。炸药装在围在包套外的纸筒内,雷管插在轴心处,图2是实验组件示意图。

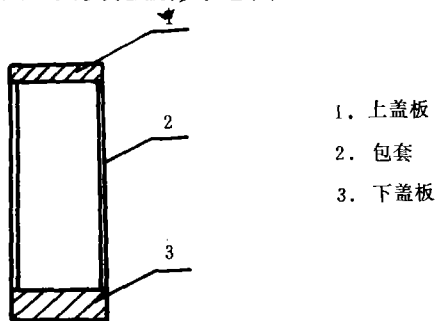


图1 实验装置示意图

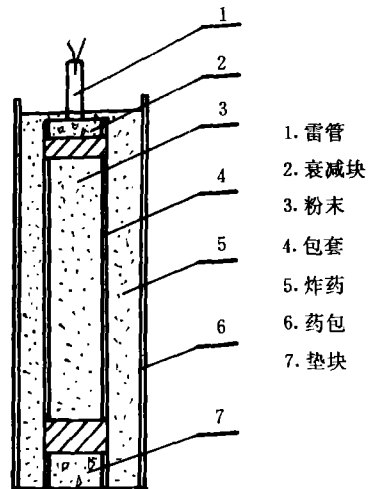


图2 实验组件示意图

雷管引爆炸药后,爆轰波沿包套轴向传播,与此同时,在爆炸压力作用下,包套被压垮,粉末材料被压实。图3是爆炸过程示意图。

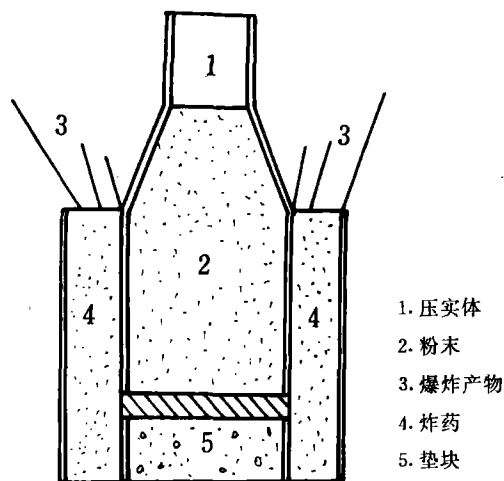
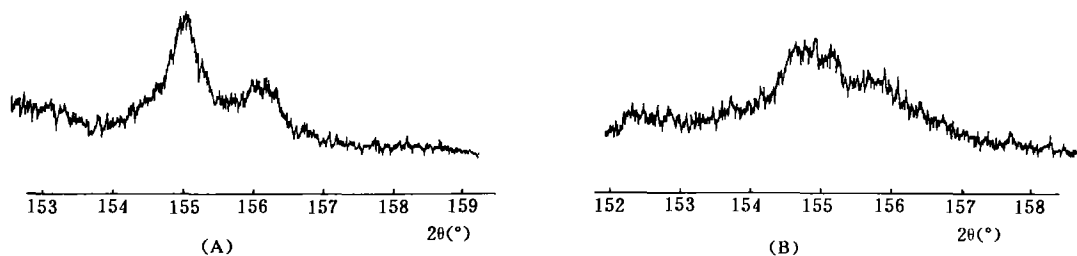


图3 爆炸予处理过程示意图

爆炸结束后,把粉末材料从包套内取出。借助 nMT-3 型显微硬度计测量粉末颗粒硬度。借助 X 射线衍射仪分析相组成、颗粒内部的微应变和晶粒度。在扫描电镜下观察粉末压实体颗粒形貌。为了比较粉碎效果,将经爆炸处理的锆英砂,按常规方法在球磨机内研磨,每隔 10hr 取样,借助 SA-CP3 型粒度分析仪测定样品的颗粒度,分析粒度随研磨时间的变化规律。为了检验活性变化,将经爆炸予处理的锆英砂,研磨 50hr 后配制成釉料,烧成试片,借助日立 307 型光谱光度计测量试片白度。

三、结果与讨论

初步研究表明,爆炸予处理锆英砂,粉碎效果明显,活性也有显著提高。原砂显微硬度测量平均值约为 $1563\text{Kg}/\text{mm}^2$,压痕有微细裂纹,经爆炸予处理的锆英砂颗粒硬度值略低于原砂。分析其主要原因是:经爆炸予处理的粉末,颗粒内部缺陷增加,多数颗粒不完整。X 射线衍射分析未发现 ZrO_2 和 SiO_2 单体存在(ZrO_2 和 SiO_2 是 ZrSiO_4 的热解产物,分解温度在 1550°C 左右),表明锆英砂没有发生分解。图 4 是锆英砂经爆炸处理前(A)后(B)X 射线衍射曲线,从这两条曲线可以看到,经爆炸予处理的粉末衍射峰(图 4B)变宽了,表明这种粉末颗粒内部发生了晶格畸变,晶粒度变小。这种效果类似于爆炸处理离子键型材料所产生的效果。在扫描电镜下观察粉末颗粒形貌(图 5),从照片上可以看到(图 5C),爆炸予处理锆英砂,颗粒明显变小,形状也残缺不全,表明粉末颗粒在爆炸予处理过程中产生了宏观的破坏。另外也可看到一些粉末颗粒的团聚体:这种团聚是由于在爆炸压力下颗粒之间的粘结造成的,且随炸药的爆轰速度增加而增加。

图4 ZrSiO_4 爆炸处理前(A)后(B)X 射线衍射峰

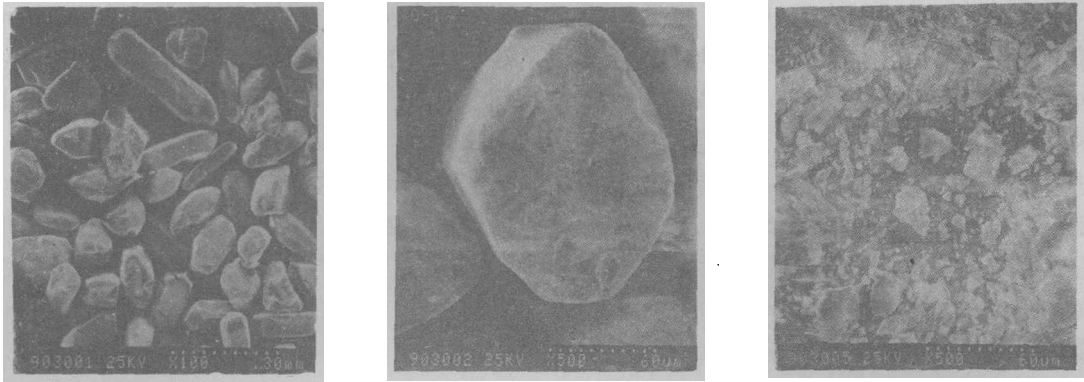


图5 ZrSiO₄ 爆炸处理前(A)、(B)后(C)的颗粒形貌

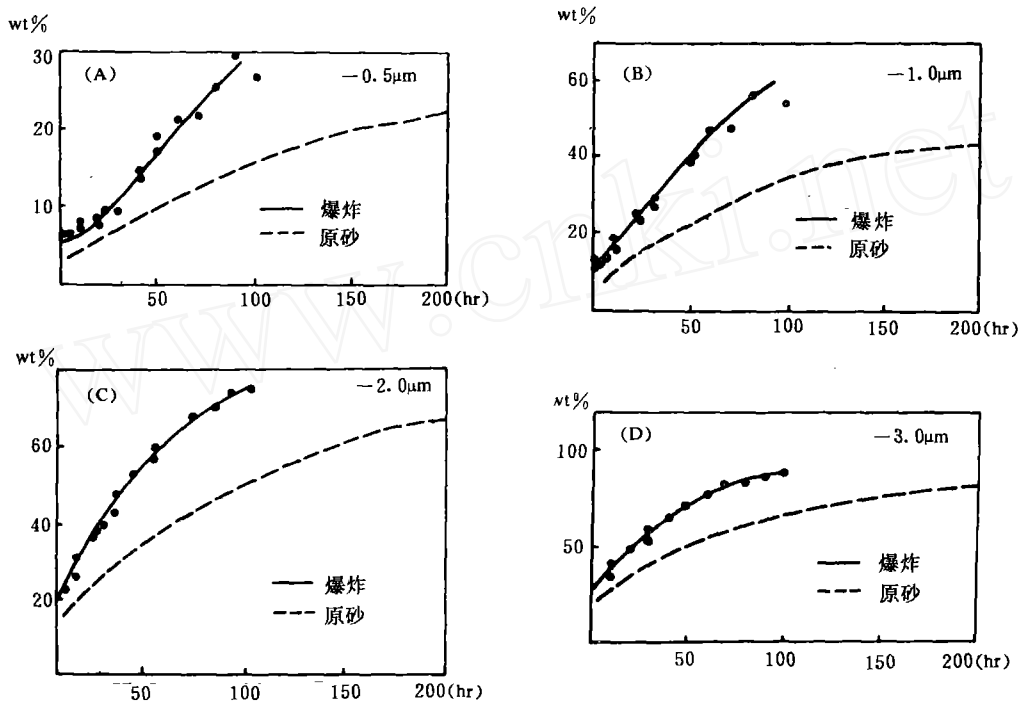


图6 ZrSiO₄ 爆炸处理前后粉末颗粒度重量百分含量随研磨时间的变化规律

表1 锆英砂研磨时间、平均粒径及百分含量

材 料	研磨时间 (hr)	平均粒径 (μm)	-3 μm (wt%)	-2 μm (wt%)	-1 μm (wt%)	-0.5 μm (wt%)
原 砂	216	1.12	81.6	66.4	46.8	24.3
爆炸予处 理锆英砂	50	1.47	70.5	57.0	40.5	18.5
	70	1.13	82.0	66.8	46.8	21.0
	90	0.79	88.7	74.3	59.5	29.5

粒度分析结果见表 1。从表 1 可见,爆炸予处理锆英砂,研磨 70hr 所获平均粒径与原砂研磨 216hr 所得结果相当。经爆炸予处理的粉末研磨 90hr 所得的粒度显著小于原砂研磨 216hr 所得结果。图 6 是锆英砂粉末粒度(-0.5 μm 、-1.0 μm 、-2.0 μm 、-3.0 μm)重量百分比含量随研磨时间的变化规律。从图 6 可见,就粒度为-0.5 μm 的粉末而言,经爆炸予处理后,该粒度范围内的百分比含量随研磨时间的变化规律几乎是线性的(图 6A 实线),和原砂比较(图 6A 虚线),前者的含量大于后者,且二者的差值随研磨时间增加而显著增加。而对粒度为-3.0 μm 粉末而言,经爆炸予处理后,该粒度范围内的百分比含量随研磨时间的增长率逐渐减小(图 6D 实线)。虽然,它比原砂的含量高(图 6D 虚线),但二者的差值随研磨时间的增加而减小。爆炸予处理锆英砂,从外观看粉末明显变细变白,团聚体也很松软,说明锆英砂已发生一定的细化。另外由于颗粒内部缺陷增加,所以对这种粉末的研磨效率明显高于原砂直接研磨的效率。

爆炸予处理锆英砂,再常规研磨 50hr,然后配制成生料乳浊釉,烧成试片,它的白度达到 81.96%,该结果与焦作陶瓷二厂张勤善同志^[3]采用机械研磨 320hr 制备的锆英砂微粉,在同样条件下配制的釉料白度相当。但

平均粒度前者为 1.47 μm ,后者仅为 0.89 μm 。这一结果予示着锆英砂经爆炸予处理后活性优于原砂。它与 X 射线衍射峰变宽的结果是一致的。

综上所述,在制备锆英砂微粉过程中,引入爆炸予处理技术,不仅可以大大缩短研磨时间,而且更重要的是可以提高粉末的活性。

四、结束语

1. 用原砂经爆炸予处理后再进行常规机械研磨的工艺,制备锆英砂活性微粉是一项有发展前途的新工艺。

2. 爆炸予处理锆英砂,产生的效果类似于爆炸处理离子键型材料。

本实验是在中国科学院力学研究所爆炸场进行的,作者对该处工作的同志在实验中给予的帮助表示感谢。另外中国科学院力学研究所史杰荣同志在设计加工过程中作了不少工作,作者在此也致以谢意。

参 考 文 献

- [1] O. R. Bergmann and J. Barrington, J. Amer. Ceram. Soc. 49(1966)502
- [2] A. SWAOKA, S. SOGA, K. KONDO J. Mater, Science Letters 1(1982)347
- [3] 张勤善“全锆英石生料乳浊釉的研制”,《陶瓷》5, (1988)

新 书 介 绍

《窑具》一书,现已由我社出版,该书系统地介绍了陶瓷窑具生产的工艺过程、原材料选用及精制、成型、烧成、检验、缺陷分析、检测标准及窑具使用要求等内容。是从事窑具生产操作工人的读物,并可供技术人员工作中参考。每册定价 2.85 元,另收包装、邮费 1.30 元。汇款请写明详细地址及邮政编码,以免误投。

联系单位:江西省景德镇市陶瓷窑具厂

邮政编码:333000

联系人:倪予康

《中国陶瓷》杂志社