

文章编号: 1003-7837(2000)02-0125-04

短切碳纤维对玻璃陶瓷力学性能的影响

黄步玉¹, 任立军¹, 谢华爱², 郑开宏³

(1. 中南工业大学, 湖南 长沙 410083;

2. 江西德兴铜矿机动部, 江西 德兴 334224;

3. 广州有色金属研究院耐磨材料研究所, 广东 广州 510651)

摘要: 研究了短切碳纤维的长度、取向、体积分数对 $\text{LiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 玻璃陶瓷力学性能的影响。结果表明, 当纤维体积分数约 32% 时, 玻璃陶瓷基复合材料的力学性能最佳; 复合材料中纤维长度增加, 其抗弯强度和断裂韧性均增加; 随纤维取向角度的增大, 玻璃陶瓷基复合材料的抗弯强度和韧性均减小。

关键词: 短切纤维增强复合材料; 玻璃陶瓷; 力学性质

中图分类号: TB332, TQ171.73⁺3, TQ343⁺.9

文献标识码: A

玻璃陶瓷 $\text{LiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ 具有低密度和优良的高温机械性能、热稳定性、耐腐蚀性, 但其致命弱点——脆性、低的表面断裂功限制了它的广泛应用。研究表明, 采用复合的方法, 可改善其韧性。在过去 20 多年里, 多数采用长纤维和晶须增强的方法^[1~2], 但用长纤维制备形状复杂的零件较为困难; 晶须增强效果不佳, 价格昂贵, 而且 SiC 晶须还涉及晶须与基体间的界面可控性问题^[2]。采用短切纤维增强玻璃陶瓷有望克服上述缺点, 但国内外有关这方面的报导不多。因此, 开展短切纤维增强玻璃陶瓷的研究, 对提高玻璃陶瓷的力学性能具有重要意义。

本试验采用切成一定长度的国产碳纤维制成复合玻璃陶瓷, 其室温抗弯强度和断裂韧性比玻璃陶瓷分别提高了 3 倍和 4 倍。

1 试验方法

玻璃陶瓷基体的成分及力学性能见表 1。本试验所用碳纤维的主要性能见表 2。将长纤维束切成长度分别为 1, 2, 3 mm 的短纤维进行试验。将短切碳纤维和玻璃陶瓷细粉按所需比例加入粘结剂中, 用自制的制带机制成短切碳纤维取向基本一致的薄带, 将薄带置于模具中, 经真空热压炉烧结而成短切碳纤维增强玻璃陶瓷基复合材料。为进行性能比较, 玻璃陶瓷材料也进行热压烧结处理。在室温下, 用 Instron 1195 型电子拉伸试验机测定玻璃陶瓷基复合材料及基体的抗弯强度和断裂韧性。试样经研磨、抛光后, 用 MF-3 型金相显微镜观察复合材料中短

收稿日期: 2000-02-17

作者简介: 黄步玉 (1963-), 女, 福建莆田人, 高级工程师, 在职硕士研究生。

纤维的分布状态,用 S2700 型扫描电子显微镜观察分析复合材料的断面形貌。

表 1 玻璃陶瓷基体化学成分及力学性能

Table 1 Chemical composition & mechanical properties of the glass ceramics matrix

化学成分(质量分数)/%					力学性能	
LiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Na ₂ O	抗弯强度/MPa	断裂韧性/(MPa·m ^{1/2})
2.8	21.4	68.2	6	0.6	120	1.8

表 2 碳纤维的主要性能

Table 2 Main properties of the carbon-fiber

密度	直径	弹性模量	抗拉强度	轴向热膨胀系数
1.76 g/cm ³	7 μm	206 GPa	2930 MPa	-0.7×10 ⁻⁶ °C ⁻¹

2 结果与讨论

2.1 复合材料的显微组织

图 1 为热压烧结后的玻璃陶瓷复合材料的显微结构,其中图 1a 和图 1b 分别为纤维与试样轴向平均偏角 3°和 70°的光学显微照片,图 1c 为垂直于纤维方向磨面的光学显微照片,从图 1 可以看出,纤维与纤维间取向大致相同,分散均匀,没有团聚、交叉等制造缺陷,所有纤维均被基体包裹,说明本研究所采用的短切碳纤维的分散和取向排布工艺是成功的。

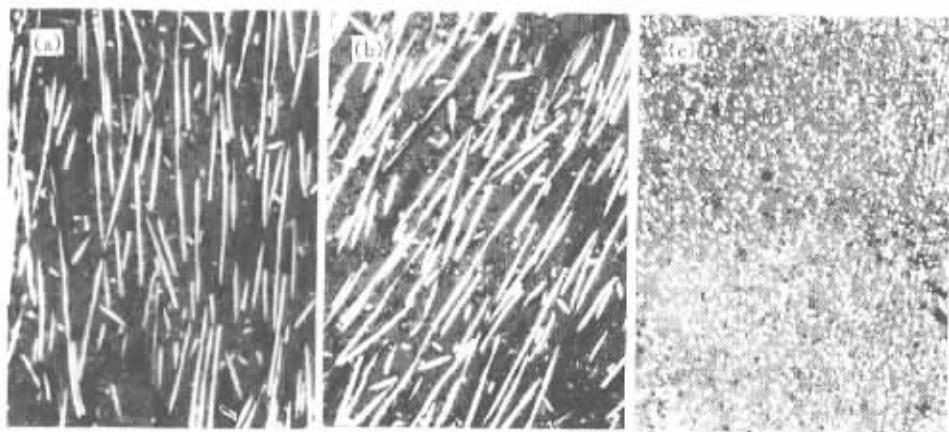


图 1 复合材料的显微组织

Fig. 1 Microstructure of the composite

2.2 纤维体积分数对复合材料强度和韧性的影响

复合材料的抗弯强度和断裂韧性与纤维体积分数的关系如图 2。从图 2 可以看出,当纤维体积分数 φ_f 达到 32% 时,复合材料的抗弯强度和断裂韧性均出现最大值,分别为 430 MPa 和 8.8 MPa·m^{1/2}。当 φ_f 小于 32% 时,复合材料的强度和韧性随着纤维体积分数的增加而增加。主要原因是,一方面纤维体积分数增加,有更多的纤维承担基体传递的载荷;另一方面纤维体

积分数越大,复合材料断口拔出的纤维数量也越多,试样断裂时所消耗的拔出功也多,因而材料的强度和韧性也相应提高.当 φ_f 大于32%时,复合材料的强度和韧性随纤维体积分数的增加而减少.当纤维体积分数达到42%时,复合材料的抗弯强度和韧性均较低,仅为230 MPa和 $3.2 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.原因在于纤维体积分数高,基体少,热压时包裹纤维的基体间不能很好的粘结,基体起不到传递载荷的作用,纤维也起不到增强效果,因而复合材料的强度和韧性降低.

2.3 纤维长度对复合材料强度和韧性的影响

短切碳纤维经球磨和搅拌后长度要发生变化,短切1,2,3 mm碳纤维经球磨和搅拌后平均长度分别变为313,121,212 μm .当纤维体积分数为32%时,在其它条件相同的情况下,纤维长度对复合材料抗弯强度和断裂韧性的影响如图3所示.随着复合材料中纤维长度的增加,其抗弯强度和断裂韧性均增加.

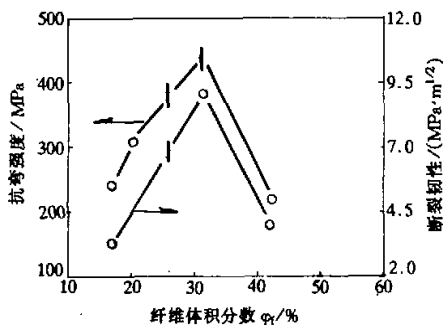


图2 复合材料抗弯强度和断裂韧性与纤维体积分数的关系

Fig. 2 Effect of fiber's volume fraction on bending strength and fracture toughness of the composite

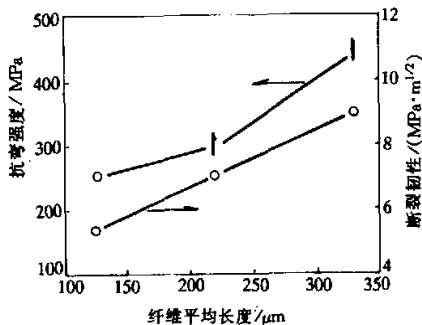


图3 复合材料抗弯强度和断裂韧性与纤维平均长度的关系

Fig. 3 Effect of fiber's averaged length on bending strength and fracture toughness of the composite

2.4 纤维取向对复合材料强度和韧性的影响

图4为复合材料中纤维平均长度为313 μm , φ_f 约为32%时,纤维取向对复合材料抗弯强度和断裂韧性的影响.由图4可见,纤维与试样平面轴线的平均偏角越大,复合材料的抗弯强度和断裂韧性越小.原因是在同一平面上,纤维与弯曲应力有一定夹角时,产生横向拉伸开裂应力和层内剪切应力.当横向拉伸应力达到纤维-基体间的界面强度时,界面将向垂直于纤维方向剥离,而不是脱粘.

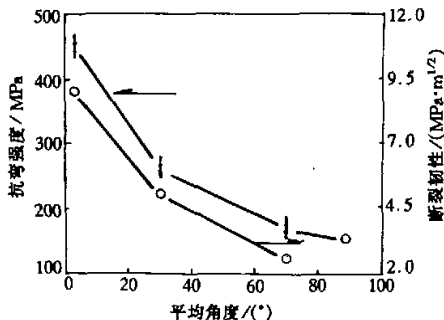


图4 复合材料抗弯强度和断裂韧性与短纤维平均取向的关系

Fig. 4 Effect of chopped fiber's averaged orientation on bending strength and fracture toughness of the composite

3 结 论

(1)制得了分散良好并取向基本一致的短切碳纤维增强玻璃陶瓷基复合材料.

(2)当纤维体积分数约 32%时,玻璃陶瓷基复合材料的力学性能最佳,抗弯强度为 430 MPa,断裂韧性为 $8.8 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$,分别比玻璃陶瓷基体材料高约 3 倍和 4 倍。

(3)随着复合材料中纤维长度的增加,玻璃陶瓷基复合材料的抗弯强度和断裂韧性均增加。

(4)随纤维取向角度增大,玻璃陶瓷基复合材料的抗弯强度和断裂韧性均减小。

参考文献:

- [1] Sambell R A J. Carbon Fiber Composites with Ceramic and Glass Material[J]. J Mater Sci, 1972,55 (7):663,676.
- [2] Brennan J J, Stevur Natt. Silicon-whisker-Reinforced Glass-Ceramic Matrix Composites Interface and Properties[J]. J AM Ceram Soc, 1992,75(5):1205.

Effect of chopped carbon fiber on the mechanical properties of $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ glass ceramics

HUANG Bu-yu¹, REN Li-jun¹, XIE Hua-ai², ZHENG Kai-hong³

(1. Central South University of Technology, Changsha 410083, China;

2. Machinery & Power Department, Jiangxi Dexing Copper Mine, Dexing 334224, China;

3. Research Department of Wear-Resistant Materials, Guangzhou Research Institute of Non-Ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)

Abstract: The effects of chopped carbon fiber length, orientation and fiber content on the mechanical properties of $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ glass ceramics has been studied. The results show that, when the fiber content is 32% (volume percentage), the glass ceramic matrix composite enjoys the optimal mechanical properties; the composite's bending strength and fracture toughness increase with the increase of the fiber length in the composite and decrease with the increase of the fiber's orientational angle.

Key words: chopped fiber reinforced composites; glass ceramics; mechanical properties