

红柱石微粉对高铝矾土熟料制品的补强作用*

李博文 翁润生 周 若

(中国地质大学材料科学与工程学院, 北京 100083)

关键词 微粉 红柱石 耐火材料 补强作用

高铝矾土熟料制品是除粘土制品之外使用范围最广、用量最大的耐火材料, 在各种工业窑炉中都有广泛应用。生产铝矾土熟料制品一般采用不同粒级的铝矾土熟料与塑性粘土为原料, 用倒焰窑烧成时, 烧成温度为 1430~1450℃, 保温 40h; 用隧道窑烧成时, 烧成温度为 1550~1560℃。其工艺关键是控制二次莫来石化产生的体积效应。当制品的 Al_2O_3 含量在 70% 以下时, 铝矾土熟料制品的高温性能取决于莫来石晶相与液相间的数量比例。 Al_2O_3 含量越高, 制品中莫来石含量越高, 玻璃相应减少, 制品的高温性能越好。在生产中提高原料纯度, 改变基质相的组成, 是提高制品高温性能的关键。

鉴于微粉比表面积较大、有较好的粘聚性能, 可改善坯体的成型强度; 红柱石在高温下可直接分解为莫来石和 SiO_2 熔体, 并且这种原位生长的莫来石晶体具有优良的纤维增强作用, 进而改善制品的烧结性能。作者采用红柱石微粉代替部分矾土熟料, 对红柱石微粉在高铝矾土熟料制品中的补强效果进行了试验研究^[1~4]。

1 原 料

本文所用原料主要为高铝矾土熟料和红柱石微粉。其中, 高铝矾土熟料为首钢耐火材料厂所产 I 级高铝熟料粉, 化学成分为 $\text{Al}_2\text{O}_3 > 80\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 3\%$, 体积密度大于 2.65 g/cm^3 , 粒度小于 0.1 mm。红柱石微粉由河南西峡红柱石晶体经水洗、破碎、振动粉碎后, 采用搅拌磨(超细粉碎)制得。其化学成分为(%, 重量百分数): SiO_2 36.48, Al_2O_3 62.03, Fe_2O_3 0.31。经 X 射线衰减法测定(悬浮介质为 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$, 密度 1.1 g/cm^3 , 温度 27℃, 测定颗粒数 1350 个), 红柱石微粉的比表面积为 $0.64 \text{ m}^2/\text{g}$, 粒度分布特征为 $d_{16} = 1.45 \mu\text{m}$, $d_{30} = 3.79 \mu\text{m}$, $d_{84} = 12.81 \mu\text{m}$, $d_{30}/d_{16} = 2.61$, $d_{84}/d_{50} = 3.38$, 最大粒度 $30.01 \mu\text{m}$, 6% 小于 $1 \mu\text{m}$ (图 1)。

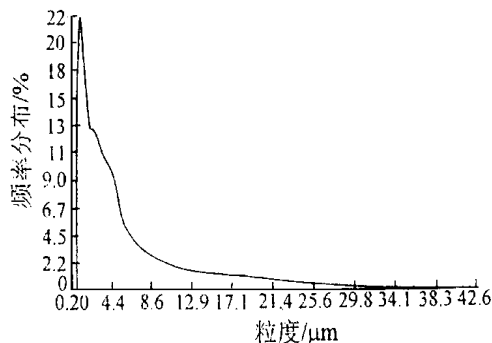


图 1 红柱石微粉的粒度分布

Fig. 1 The mass distribution of andalusite micropowder

2 试 验

本文采用了 4 种不同的原料配比(表 1)。基本工艺流程为: 将原料与粘结剂充分混合, 在 75 MPa 压力下制成 $\Phi 26 \times 26$ mm 圆柱体, 110℃烘干 24 h, 并分别以 1 300、1 350、1 400℃温度烧结(恒温 2 h)。加入红柱石微粉后, 坯体的干燥收缩率略有增加, 但总收缩率很小, 而且不随红柱石微粉加入量的提高而增加(表 2)。

表 1 试验配方(%)

Table 1 Prescription for experiment(%)			
样 号	高铝矾土熟料	红柱石微粉	高岭土
BGA-1	92		8
BGA-2	82	10	8
BGA-3	72	20	8
BGA-4	62	30	8

表 2 坯体的干燥性能

Table 2 Drying property of samples			
样 号	成型体积	干燥体积	干燥线收缩率/ %
	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	
BGA-1	2. 28	2. 15	- 0. 12
BGA-2	2. 22	2. 16	- 0. 18
BGA-3	2. 24	2. 16	- 0. 17
BGA-4	2. 20	2. 13	- 0. 18

3 试验结果与讨论

3.1 烧结性能

由表 3 可见, 添加红柱石微粉的制品, 体积密度为 2. 00~ 2. 12 g/cm^3 , 常温耐压强度为 65. 44~ 142. 61 MPa, 显气孔率为 31. 17%~ 35. 63%, 线膨胀率为- 0. 19%~ 1. 55%, 体积膨胀率为- 0. 75%~ 4. 67%。由表 4 和图 2 可更为明显地看出, 与不加红柱石微粉的 BGA-1 相比, 体积密度、显气孔率、线膨胀率和体积膨胀率无明显差异, 但常温耐压强度有较大提高, 并且随红柱石微粉加入量的增加, 呈逐步提高的趋势。显然, 在高铝制品中添加红柱石微粉起到了明显改善高铝制品力学性能的效果。

表 3 试样的烧结性能

Table 3 The sinterability of samples

样 号	烧成温度/℃	体积密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^3$	常温耐压强度/MPa	显气孔率/ %	吸水率/ %	线膨胀率/ %	体积膨胀率/ %
BGA-1	1300	2. 13	70. 04	32. 51	15. 2	0. 41	1. 25
	1350	2. 10	75. 00	32. 83	15. 7	0. 73	2. 23
	1400	2. 08	91. 43	33. 21	16. 0	1. 39	3. 91
BGA-2	1300	2. 10	105. 95	32. 66	15. 6	0. 22	0. 41
	1350	2. 04	78. 00	34. 07	16. 8	1. 27	3. 76
	1400	2. 00	65. 44	35. 63	17. 9	1. 55	4. 67
BGA-3	1300	2. 12	93. 45	31. 41	14. 8	- 0. 19	- 0. 75
	1350	2. 07	108. 07	32. 54	15. 8	0. 76	2. 12
	1400	2. 03	104. 88	33. 65	16. 6	1. 01	3. 24
BGA-4	1300	2. 11	107. 85	31. 17	14. 8	- 0. 19	- 0. 69
	1350	2. 08	142. 61	31. 20	15. 0	- 0. 10	0
	1400	2. 04	115. 53	32. 48	15. 9	1. 26	1. 92

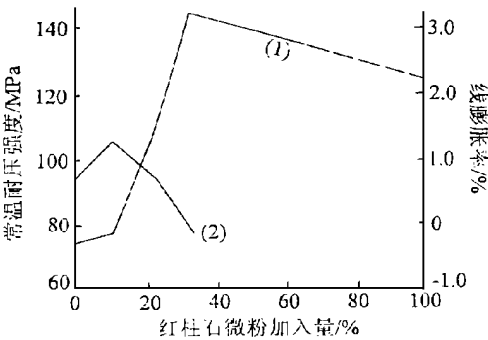


图 2 添加红柱石微粉对高铝制品强度的影响

Fig. 2 Effect of andalusite micropowder to the strength of samples

(1) 常温耐压强度; (2) 线膨胀率

加入红柱石微粉的制品, 随着烧成温度的提高, 线膨胀率、体积膨胀率和显气孔率呈逐步增加趋势, 体积密度相应呈降低趋势, 而耐压强度呈先升后降的变化, 烧成温度为 1 350℃时耐压强度最大。因此, 这种材料适宜的烧结温度为 1 350℃(图 3), 比普通的高铝矾土熟料制品的烧成温度明显要低。

3.2 显微结构

烧结制品的晶相为莫来石和刚玉, 无方石英相(图 4), 刚玉相来自高铝熟料。显微镜下观察, 制品呈粒状结构, 由高铝熟料构成骨料, 而由红柱石微粉分解形成的莫来石和玻璃构成基质相。在骨料中, 莫来石呈板状、短柱状, 长 1.5~ 5 μm, 宽 1~ 3 μm, 虽已形成交错排列的结构, 但较少有玻璃相充填孔隙; 而在基质中, 由于红柱石微粉的加入, 莫来石晶体呈棒状、针状, 自形程度有所降低, 粒间被玻璃相充填。

4 主要结论

将红柱石微粉加入高铝制品后, 能够在基质中分解并形成原位生长、交错排列的莫来石网络结构, 充分发挥莫来石晶体的纤维增强作用; 烧结过程中分解出的 SiO₂ 熔体对骨料和莫来石晶体有良好的润湿性, 冷却后, 玻璃相充填于莫来石骨架的孔隙中, 有利于提高制品的致密性和耐压强度, 避免了高铝熟料颗粒间难于烧结的弱点, 而且由于红柱石微粉粒度较小, 可以在较低的烧结温度条件下, 获得高强度的制品。因此, 添加红柱石微粉是高铝矾土熟料制品提

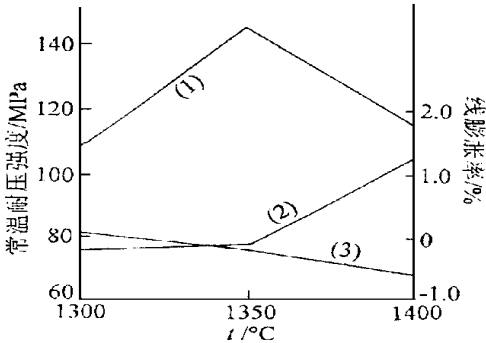


图 3 烧成温度对制品性能的影响

Fig. 3 Effect of sintering temperature to the property of samples

(1) 常温耐压强度; (2) 线收缩率; (3) 体积密度

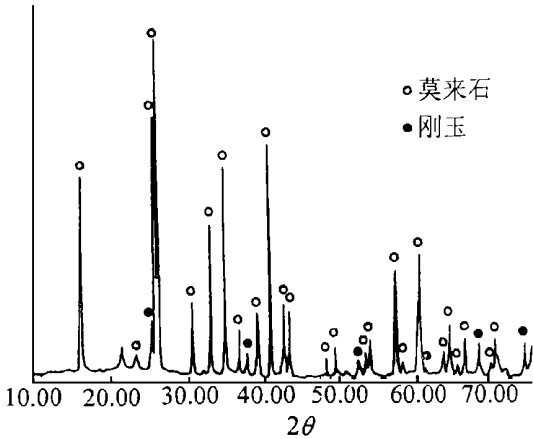


图 4 添加红柱石微粉的高铝制品的 XRD 图

Fig. 4 XRD diagram of sintering sample added With andalusite micropowder

高强度、节能降耗的有效途径。

表 4 红柱石微粉的加入量和烧成温度对烧结材料耐压强度的影响

Table 4 The effect of the added amount of the andalusite micropowder and the sintering temperature on the strength of the sintered samples

	耐压强度 / MPa			
	0	10%	20%	30%
1 300℃	70.04	105.95	93.45	107.85
1 350℃	75.00	78.00	108.07	142.61
1 400℃	91.43	65.44	104.88	115.53

参 考 文 献

1 李博文,翁润生,周 若. 蓝晶石族矿物的应用研究现状和趋势. 地质科技情报,1997,(1): 59~ 64.
2 李博文,翁润生,李 嘉. 用红柱石制备莫来石纤维增强材料的实验研究. 耐火材料,1996, 30(6).
3 Sacks M D,Lin Y J,Scheiffele G W *et al.* Effect of seeding on phase development, densification behavior, and microstructure evolution in mullite fabricated from microcomposite particles. J. Am. Ceram. Soc. , 1995, 78(11): 2897~ 2906
4 Okada K, Otsuka N, Samiya S. Recent mullitization studies in Japan: a review. Am. Ceram. Soc. Bull. , 1991, 70(10): 2414~ 2418

Reinforcement Effect of Andalusite Micropowder on Refractory Made from High-alumina Bauxite Clicker

Li Bowen Weng Runsheng Zhou Xunruo
(China University of Geoscience, Beijing 100083)

Abstract Added in the refractory made from high-alumina bauxite clicker, the andalusite micropowder would be decomposed at lower temperature and form network structure of fiber mullite during sintering process, and reinforces the refractories. The more the andalusite micropowder is, the higher the strength of the refractory is. It is suitable that the sintering temperature of this kind of refractory is at 1 350℃
Key words: micropowder; andalusite; refractory; reinforcement effect