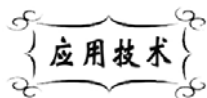


中图分类号: TQ174.75
文献标识码: A

文献编号: 1005-1198 (2016) 02-0145-05
DOI: 10.16253/j.cnki.37-1226/tq.2016.02.006



章村土提高电瓷绝缘子高温荷重性能的研究

宫云霞

中材高新材料股份有限公司, 山东 淄博 255000

摘要: 在坯体配方中利用章村土部分替代长石, 以提高电瓷坯体的高温粘度, 增加坯体高温荷重, 从而较好地解决百万伏特高压产品烧制过程中存在的吸红和拉裂掉头问题。

关键词: 章村土; 高温粘度; 高温荷重

国家大气污染防治行动计划“四交四直”特高压工程的全面启动, 对于优化能源配置、保障电力供应、促进清洁发展、拉动经济增长、引领技术创新具有重大意义。伴随着计划的实施, 对百万伏超大尺寸棒型瓷绝缘子的需求量越来越大。相应地, 高铝质百万伏超大尺寸棒型瓷绝缘子的生产过程中存在的一些难以克服的技术问题日益引起高度重视。

例如, 百万伏超大尺寸棒型瓷绝缘子杆径一般粗达 300 mm 以上, 这使得产品难以烧透且容易吸红 (开口气孔率大于零)。为了满足产品不吸红 (开口气孔率等于零) 的技术要求, 通常可以通过调整配方增加液相量, 以填充坯体孔隙。制备高铝质瓷绝缘子的主要原料包括铝矾土、长石、高岭土等^[1]; 一般来说, 增加液相量就需要增加配方中长石的含量。但是, 长石含量的增加通常又会使坯体的高温粘度降低, 导致产品高温抗拉伸能力下降。这就引发了另一个问题: 为了保持直线度棒型, 支柱瓷绝缘子通常需要采取“先坐后吊”的烧成工艺; 但百万伏超大尺寸棒型瓷绝缘子重达 500 kg 以上, 如果产品高温抗拉伸能力不够, 在烧成过程中收缩起吊后就容易出现拉裂掉头 (如图 1 所示) 现象而变成废品, 从而造成产品合格率大幅度降低。因此, 吸红和拉裂掉头就成为了行业里多年来一直难以克服的一个问题。

注意到章村土是以水白云母为主的粘土矿, 具备长石的熔剂特性, 又有别于长石的助熔作用^[2]。本文将利用章村土的这一特性, 考虑用章村土替代部分长石, 以期提高瓷绝缘子坯体的高温粘度及强度, 改善其高温荷重能力, 从而解决百万伏超大尺寸棒型瓷绝缘子易吸红和拉裂掉头的问题。

收稿日期: 2016-01-29

收到修改稿日期: 2016-02-25

基金项目: 中央国有资本经营预算重大技术创新及产业化项目 (财企 [2011] 338号)。

通讯作者: 宫云霞 (1963 -), 女, 山东文登人, 高级工程师。E-mail: gyxwl.ok@163.com。

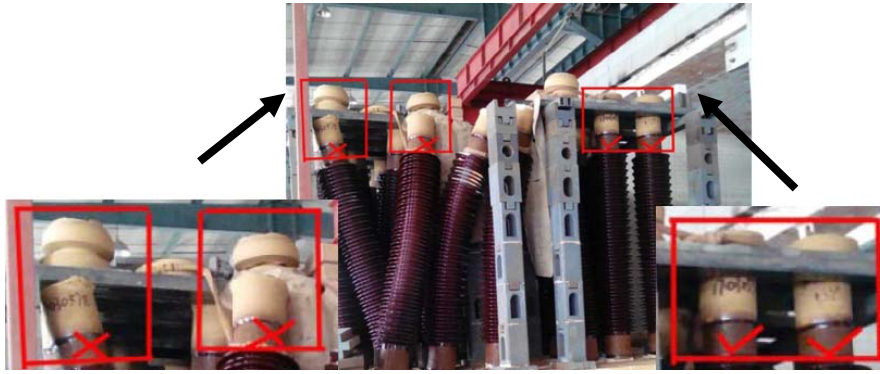


图 1 瓷绝缘子烧成时出现拉裂掉头现象

Figure 1 Crack and fracture occurring during the firing of porcelain insulator

1 原料分析及配方设计

本研究采用的原料包括产自河南的铝矾土、产自山西的长石、产自山西的高岭土、产自山西的粘土和产自河北的章村土。各种原料的化学成分一并列于表 1。从表 1 可以看出, 章村土和长石中均含有一定量的 K_2O 和 Na_2O , 可起到熔剂的作用。此外, 章村土中的 Al_2O_3 含量远远高于长石, 可以与高岭土一样赋予坯料一定的可塑性。也就是说, 章村土兼有高岭土和长石的双重作用^[2]。

表 2 列出了本研究所考虑的两个配方。其中配方 A 为百万伏超大尺寸棒型瓷绝缘子正常生产配方; 配方 B 则是在配方 A 的基础上, 用章村土部分代替长石, 保证配方中 K_2O 、 Na_2O 含量及其他成分基本不变 (见表 3), 同时调整矾土量, 以期达到烧成温度范围保持不变且改善其它性能的目的。从表 3 可以看出, 两个配方中熔剂总量基本一致, 其它成分也差别不大, 这是保证两配方烧成温度范围一致的前提条件。两个配方的不同点仅在于熔剂 K_2O 和 Na_2O 所占比例不同。

表 1 原料化学成分 (单位: wt%)

Table 1 Chemical composition of raw materials (Unit: wt%)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
Bauxite	8.19	85.11	1.17	3.51	0.23	0.14	1.06	0.02
Zhangcun Clay	45.56	35.68	0.85	1.28	0.46	0.29	9.17	1.38
Feldspar	67.54	16.57	0.18	0.22	0.07	0.51	11.45	3.00
Kaolinite	54.11	43.85	0.60	0.00	0.40	0.18	0.28	0.15
Clay	57.90	26.30	1.26	0.78	0.55	0.17	1.51	0.04

表 2 配方组成 (单位: wt%)

Table 2 Composition used for sample preparation (Unit: wt%)

Sample No.	Bauxite	Zhangcun Clay	Feldspar	Kaolinite	Clay
A	49	8	12	12	19
B	47.5	16	6.3	12	19

表 3 配方化学成分比较 (单位: wt%)

Table 3 Comparison of the chemical composition between the samples considered (Unit: wt%)

Sample	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
A	33.26	56.81	0.97	2.00	0.31	0.21	2.95	0.51
B	32.67	56.98	1.01	2.02	0.34	0.20	2.99	0.44

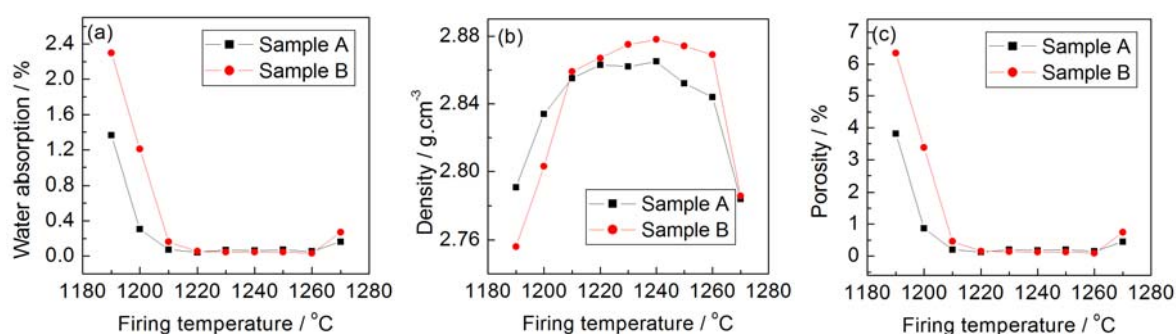


图 2 试样 (a) 吸水率、(b) 体积密度及 (c) 孔隙率随烧成温度的变化关系

Figure 2 Variation of (a) water absorption, (b) density and (c) porosity of the samples with firing temperature

2 烧成温度范围

将原料按表 2 所示比例混合并进行陈腐处理后, 在 145 MPa 压力下冷等静压成型, 打磨成直径为 15 mm、长度为 18 mm 的白坯试条, 配方 A 和配方 B 各制作白坯试条 8 根。而后, 将白坯试条在烘箱内 60°C ~ 70°C 温度下放置至少 4 h。

去配方 A 和配方 B 白坯试条中各取出 1 根, 制作成 1 cm³ 的试块各 9 块, 一并发进箱式电阻炉中在不同温度下烧成^[3]。称量烧成后试块的干重 w_0 、湿重 w_1 、浮重 w_2 , 而后由以下公式分别计算试样的吸水率 A 、体积密度 ρ 和开口孔隙率 n :

$$A = (w_1 - w_0) / w_0 \times 100\% \quad (1)$$

$$\rho = w_0 / (w_1 - w_2) \quad (2)$$

$$n = (w_1 - w_0) / (w_1 - w_2) \times 100\% \quad (3)$$

图 2 给出了实验结果。可以看出, 两个配方的合适烧成温度均处于 1210°C ~ 1260°C 这一温度范围内, 且对应于最大体积密度的烧成温度均出现在 1240°C 附近。这说明配方 B 在烧成方面符合设计要求。

图 2 还表明, 在 1210°C ~ 1260°C 这一烧成温度范围内, 配方 B 试样的体积密度均高于配方 A。这初步说明章村土部分取代长石可以明显改善制品的致密性, 有利于制品强度的提高。

此外, 采用 GB/T 775.1-2006^[4] 推荐的方法进行了孔隙性实验 (180 MPa·h)。结果表明, 在 1210°C ~ 1260°C 这一温度范围烧成的两类试样均没有出现吸红现象。这进一步证实了上面的结论。

需要顺便指出的是, 章村土在 800°C 以下热膨胀系数比长石大, 用在电瓷坯体中可以在一定程度上抵消组分中的高岭土在 500°C ~ 600°C 之间的激烈收缩, 使这阶段烧成比较安全^[2]。这一性能有利于产品烧成, 避免坯体体积在烧成过程中的急剧变化而导致的开裂缺陷。

3 抗折强度

将 A、B 两个配方中剩余的七根白坯试条装入抽屉窑中随产品一起烧成, 烧成最高温度为 1250°C。烧成之后的试样在深圳高品检测设备有限公司的 GP-TS2000S 型电子式万能试验机进行三点式抗折强度试验, 按以下公式计算得到试样的抗折强度^[5]:

$$\sigma = \frac{8PLD}{\pi(D^4 - d^4)} \quad (4)$$

式中, σ 为圆柱形试样的抗折强度 (MPa), P 为试样的断裂荷载 (N), L 为跨距 (mm), D 为试样的外径 (mm), d 为试样的内径 (mm)。对于实心圆柱形试样, $d = 0$ 。

实验结果表明, 配方 A 的平均抗折强度为 $192.8 \text{ MPa} \pm 5.1 \text{ MPa}$, 配方 B 的平均抗折强度为 $207.6 \text{ MPa} \pm 6.1 \text{ MPa}$ 。配方 B 强度明显高于配方 A。这一结果证实上一章中的预期。

配方 B 试样强度的提高和章村土的特性有关。章村土是一种白云母到伊利石之间的过渡类型矿物, 研究表明章村土在加热过程中会逐渐生成主要晶体-莫来石^[2]。采用日本电子株式会社的 JSM-6380LA 型扫描电镜 (SEM) 对 A、B 配方在还原焰下经 1250°C 烧制后得到的瓷片进行了检测, 结果如图 3 所示。可以看出, 尽管两种试样中均出现了针状莫来石晶体, 但与配方 A 相比, 配方 B 试样中的针状莫来石明显增多。这应该是配方 B 表现出明显偏高的抗折强度的主要原因。

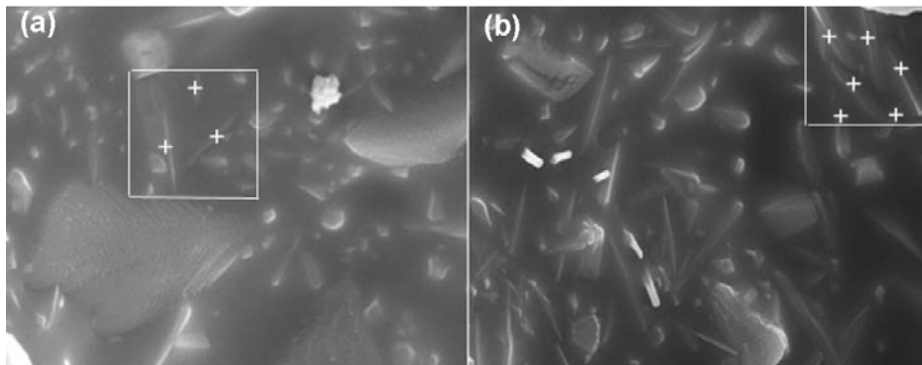


图 3 (a) 配方 A 和 (b) 配方 B 试样的 SEM 照片
Figure 3 SEM images of the samples (a) A and (b) B

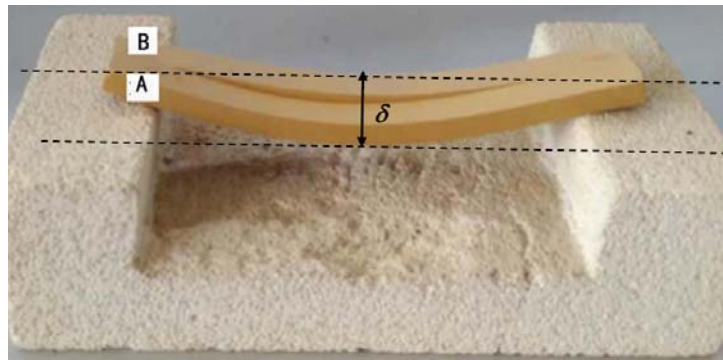


图 4 试样烧成后的变形

4 高温荷变

将圆柱形白坯试条磨制成 190 mm 长、16 mm 宽、10 mm 的长方形, 置于跨度为 109 mm 的耐火砖槽上, 随生产窑一起烧成, 测量烧成之后长方形试条最低点的弯曲量 δ (如图 4 所示) 作为评价制品高温荷变性能的指标。

测试结果表明, 烧成之后配方 B 试样的弯曲量 δ 为 12.66 mm, 明显小于配方 A 试样 (15.42 mm)。二者相比, 配方 B 的弯曲变形比配方 B 减少了 13%。这说明配方 B 在烧成过程中由于自身重量作用产生的变形小于配方 A。也就是说, 配方 B 试样的高温抗变形能力明显优于配方 A。因此, 这一实验结果说明, 由配方 B 生产的制品在烧成过程中收缩起吊时抗拉能力应该比配方 A 强, 相对来说更不容易被拉裂掉头。

理论上说, 高温烧成时的抗变形能力与原料的高温粘度有关。对于本研究所考虑的高铝质瓷来说, 熔剂中 K_2O 、 Na_2O 含量不同, 熔融性能就有所不同。一般说来, 钾长石的熔融温度范围相对较宽, 所形成的熔体高温粘度也较高, 而 (富) 钠长石比钾长石的熔融温度范围小许多, 高温粘度相对较低^[6]。高温粘度大, 在陶瓷生产过程中有利于控制烧成和防止变形^[7]。本研究选用的长石中 $K_2O:Na_2O = 5.78$, 而章村土中 $K_2O:Na_2O = 6.64$, 即若保持 K_2O 与 Na_2O 含量不变时, 章村土引入的 K_2O 高于长石引入的 K_2O , 章村土引入的 Na_2O 低于长石引入的 Na_2O , 因此用章村土部分替代长石就起到提高高温粘度的作用, 从而改善制品的高温抗变形能力。

5 结束语

综合以上分析不难得出, 在电瓷坯体配方中用章村土部分替代长石, 不仅可以起到改善制品致密性, 提高强度的作用, 同时也提高了坯体的高温粘度, 进而改善制品的荷重能力

以上研究成果已经在百万伏特高压产品的生产中取得了较为理想的效果, 较好地彻底解决了 750 kV 以上产品易吸红的问题, 同时也解决了生产过程中的拉裂掉头问题, 大大提高了产品的合格率, 给企业带来了可观的经济效益。

参考文献

- [1] 陈平. 高压电瓷材料的研究现状与发展趋势[J]. 电瓷避雷器, 2004, (6): 12-16.
- [2] 陆小玄. 章村土实验报告[J]. 电瓷避雷器, 1980, (3): 39-44.
- [3] 丁彦霞, 宫云霞, 唐建新, 等. 泾阳土用于高铝质电瓷配方中的研究[J]. 现代技术陶瓷, 2015, 36 (1): 14-17.
- [4] GB/T 775.1-2006, 绝缘子试验方法 第一部分: 一般试验方法[S].
- [5] JC/T 413-2005, 辊道窑用陶瓷辊 [S].
- [6] 张锐, 王海龙, 许红亮. 陶瓷工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [7] 李玉书, 吴落义, 李璞. 电瓷工艺与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.

※ ※

Improvement of High Temperature Loading Capacity of Porcelain Insulators by Adding Zhangcun Clay

GONG Yun-Xia

High Voltage Insulator Division of Sinoma, Zibo 255000, China

Abstract: In order to solve the problems of large open porosity and cracking during firing for the million volts UHV porcelain insulators, Zhangcun clay was used as raw material to partially replace feldspar. The results showed that, by adding Zhangcun clay, both the high-temperature viscosity and the high-temperature loading capacity of the green body were improved.

Key words: Zhangcun clay; High-temperature viscosity; High temperature loading capacity