

· 矿物学发展与新技术应用 ·

高强度电瓷材料显微结构中 气孔相对瓷质性能的影响

龚国洪¹, 石 莉^{2,3}, 伍正平⁴, 黄迎超^{2,3}, 刘邦煜^{2,3}, 王 宁²

1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 4. 贵州毕节高原电瓷有限公司, 贵州 毕节 551700

高强度瓷绝缘子由多种粘土、长石、氧化铝、石英、高岭石等近二十种矿物混合, 经复杂的工艺烧结而成的一种玻璃相和硅铝酸盐材料, 它以耐高压、耐酸、抗腐蚀和强度高, 被用于超高压输电线路。随着我国城乡电网建设和改造、三峡工程、西电东送和铁路建设工程, 以及待建的全国跨地域特高压联网的启动, 将会出现更多的特、超高压输电线路, 给高强度瓷绝缘子材料的发展带来机遇。机电性能是电瓷生产的技术关键, 瓷质显微结构又是影响机电性能的主要因素。因此目前高强度电瓷材料的一个活跃领域是研究机电性能与显微结构的关系, 目的在于寻找力学性能的组织控制参量, 从定性向定量方向发展, 以实现材料显微结构的优化设计。近年来, 我国研究主要集中在瓷质显微结构中的晶相和玻璃相, 而对气孔相的研究甚少。本文初步研究了 120~300 kN 高强度瓷绝缘子的气孔相对瓷质性能的影响。

高强度瓷绝缘子的显微结构由玻璃相、晶相(残留石英、莫来石、刚玉和长石等)和气孔相组成。玻璃相在瓷质结构中所占数量最多, 是溶剂原料的高温熔化物和低共熔玻璃质物质, 它填充在晶相的空隙中, 起着粘结晶相、填充气孔、降低烧结温度等作用; 晶相是瓷质结构中的骨架, 晶相的分布、含量、晶粒的大小及晶粒分布的均匀度对瓷质的机械性能有着最直接的影响; 气相主要指气孔, 为由电瓷成型过程中混入的空气和烧结过程中分解产生的气体没有排出坯体外所致。表 1 为生产的 120 kN、210 kN 高强度瓷绝缘子的物相含量对比。

表 1 20 kN、210 kN 高强度瓷绝缘子的物相含量 %

	刚 玉	莫来石	石 英	钾长石	斜长石	晶 质	非晶质
120 kN	12.70	14.10	9.58	2.60	1.00	40	60
210 kN	20.67	17.35	5.78	1.80	1.40	48	52

尽管研究已表明晶相和玻璃相对于瓷质的机电性能有着重要的影响, 但气相的存在对于电瓷材料机电性能的影响也不容忽视。气孔相降低了瓷的机械强度: 它既减少了有效截面积, 也在气孔周围产生应力集中。在较低的孔隙率范围内, 瓷的机械强度随着孔隙率的增加而直线降低。气相的存在也影响到莫来石的生长, 使莫来石不均匀地成长, 微观观察发现, 气孔周围常常有尺寸较大的莫来石晶体。研究表明, 细小均匀的莫来石瓷的强度比肥大莫来石瓷的强度高。气孔的形状也影响瓷的机械性能, 当气孔形状为球状或团状时瓷强度较高。

通过对 120 kN 和 210 kN 高强度瓷绝缘子的气孔分布图对比可知, 二者的气孔分布图相似, 但后者气孔较少, 孔径较小。根据多区域镜下观察估算, 孔径在 1 μm 以下的气孔占总数的 75%, 其余为孔径在 1 μm 以上。形状多以浑圆状为主, 孔型单一, 细孔分布相对均匀。因而 210 kN 样品的机电性能较 120 kN 好。

由此可见, 气孔相是影响高强度瓷绝缘子机电性能的重要因素之一。气孔相较少, 孔径较小且气孔分布均匀的电瓷材料其机电性能较高。应优化原料选择、配方设计、烧成工艺等环节, 控制气孔的形成, 以提高电瓷产品的整体强度。

基金项目: 中国科学院科技支撑工程项目(2006-31)