

氧化铝性能对环氧浇注的影响

李建忠^{1,2}

(1.河南科技大学材料科学与工程学院,河南 洛阳 471003 2.中国铝业股份有限公司郑州研究院,河南 郑州 450041)

摘要:氧化铝性能不仅影响环氧树脂体系的粘度、填料添加量,而且杂质还影响浇注件的表现及电气绝缘性能,以及对氧化铝环氧树脂中的分散性也有很大的影响。为了改善氧化铝的物化性能以对改善环氧浇注工艺和提高浇注件质量,本文中从粒度及粒度分布、晶体结构、微观形貌、杂质含量等方面,对比分析了电工用氧化铝填料的各项物化指标对环氧树脂浇注性能及浇注件机电性能的影响,得出合适的粒度和粒度分布、提高 α 相转化率、改善微观形貌、提高纯度等是提高环氧浇注用填料氧化铝性能的途径。

关键词: 填料氧化铝; 环氧浇注; 性能

中图分类号: TQ133.1 文献标识码: A

文章编号: 1008-5548(2005)04-0047-03

Effect of Properties of Alumina on Epoxy Resins Cast

LI Jian-zhong²

(1. Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003;

2. Zhengzhou Research Institute of Chalco, Zhengzhou 450041, China)

Abstract: Properties of alumina filler can have a dominating effect on epoxy resin cast system, not only on viscosity of epoxy resin cast system, quantity, but on appearance, insulated property of product, dispersing of alumina in resin as well. In order to improve the technical parameter and product quality, the effect of alumina with different chemical and physical properties on epoxy resins cast process and mechanical and electrical character of the resins products was studied, especially analyzed the different results due to different particle size and its distribution, crystal structure, micro-structure, chemical composite of alumina which was used for filler of epoxy resin. Finally suitable particle size and its distribution, improve of α -ratio, micro-structure, and purity is the way to improve properties of alumina filler.

Key words: alumina filler; epoxy cast; character

α - Al_2O_3 具有良好的化学稳定性和高电阻率,是一种优异的环氧树脂填充材料。它不仅可以大大地降低环氧树脂固化物的成本,降低环氧树脂的反应放热值和固化收缩率,减小固化物热膨胀系数,提高环氧固化物的导热系数、硬度及压缩强度,而且还具有良好的电气绝缘性能和耐电弧分解物腐

蚀性。 α - Al_2O_3 越来越成为GIS/GCB等高压电气产品的核心部件,尤其是用于SF₆高压开关部件:盆式绝缘子、拉杆、灭弧筒等。我国从上世纪80年代逐步进行填料氧化铝国产化研究开发^[1],目前,国内以郑州轻金属研究院为主的填料氧化铝从规模、质量都已达到国际水平,基本替代进口。

我国加入WTO以后,产品和国际接轨,高压电器的质量要求更加苛刻,相应地也提高了对所用填料氧化铝的质量要求,目前国内产品的性能还有很大的差距,提高产品质量刻不容缓。为此,本文中对分析不同的填料氧化铝的各项性能指标对环氧树脂浇注的影响,为提高产品质量提供有利的参考。

1 性能分析

1.1 粒度及粒度分布的影响

环氧树脂密度为1.15~1.25 g/cm³,而氧化铝填料的密度大于3.9 g/cm³。当氧化铝加入环氧树脂中时,会因比重相差太大而发生沉降,最终导致氧化铝在其中分散不均匀,浇注件出现上下比重偏差,致使机械强度下降。因此平均粒径和粒度的分布是保证浇注件密度均匀的重要指标。

由于填料的平均粒径小,比表面积大,导致吸油量增大,难以被环氧树脂充分浸润,而且粘度增大,使搅拌困难,填料加不进去,从而导致填充量减小。同时,在浇注件中会因粒度过细而发生悬浮及团聚。因此,在浇注件固化收缩过程中,会出现收缩缺陷,导致内应力集中,使强度大幅降低。

根据斯托克斯沉降方程

$$d = c [18\eta / (\rho - \rho_0)g]^{1/2} (h/t)^{1/2} \quad (1)$$

式中: d 为颗粒直径; ρ 和 ρ_0 为颗粒与介质的密度; η 为介质的粘度; g 为重力加速度; c 为沉降系数; h 为沉降高度; t 为沉降时间。

由(1)式可以看出,工艺条件不变的情况下,填料的粒径越大,越易沉降。填料中粗颗粒分布较多时,出现沉降,导致沉降系数 c ^[2]减小,引起界面应力

收稿日期: 2004-12-18

第一作者简介: 李建忠(1978-),男,硕士研究生。

的存在,产生偏析等现象,造成浇注件收缩产生裂纹,降低强度。

图1示出了不同粒度分布的填料样品,其中A为日本样品,B为郑州样品,C为国内某厂样品。从图中可以看出A的细粒子含量较多,平均粒径小;B和C较为接近,粒度呈正态分布,粒度分布较宽。

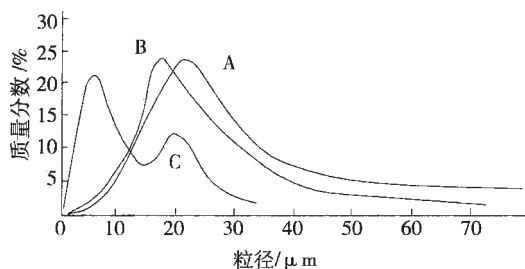


图1 几种填料的粒度分布

表1 3种氧化铝填料性能对比

性能指标	A 样品	B 样品	C 样品
初始粘度 /cp	2000	1750	2300
填充份数	180	330	350
抗弯强度 /MPa	119	125	138
抗冲击强度 /kJ·m ⁻¹	9.6	16	13.7

从图1和表1中看出,B和C的粒度及分布较接近,中值粒径在22μm左右,在应用中表现填充量大,机械强度高,而A样品中值粒径小,大约在4μm左右,细粒子分布较多,起始粘度大,填充量小,机械强度相对低。

1.2 氧化铝晶体结构、微观形貌的影响

Al_2O_3 在烧制过程中,随着温度的升高,经历一系列相变^[1],其中最重要的有 α 、 β 和 γ 3种, β 相的化学式为 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$,为一种层状结构,具有显著的粒子导电特性^[4],所以在填料氧化铝中严格控制其含量,以保证良好的电器性能,而 γ - Al_2O_3 的致密度低,比表面积大,同样不适于环氧浇注。通过X-Ray对不同性能的填料氧化铝分析, α 相含量高的填料明显优于含量低的填料^[5]。

图2分别是几种填料样品的SEM照片,(a)为日本的样品,其外形呈颗粒状,长径比大致相当,结晶完整,无内气隙和气孔,晶体表面光滑,浇注性能良好;(b)为中铝郑州研究院填料样品,粒度分布宽,呈颗粒状,结晶良好,接近日本样品;(c)样品为国内某厂样品,结晶不完整,棱角及薄片状颗粒多,且有小

颗粒团聚。

在浇注过程中,(a)和(b)粘度适中,利于浇注。其原因与颗粒比表面有很大关系,对于结晶完整颗粒表面光滑的样品,其比表面小,吸油少,流动性好,因此粘度小,而(c)样品相对比表面大,其表面吸油率高,同时颗粒与颗粒之间接触面积大,相互之间易发生粘附,因此流动性能变差,粘度大。

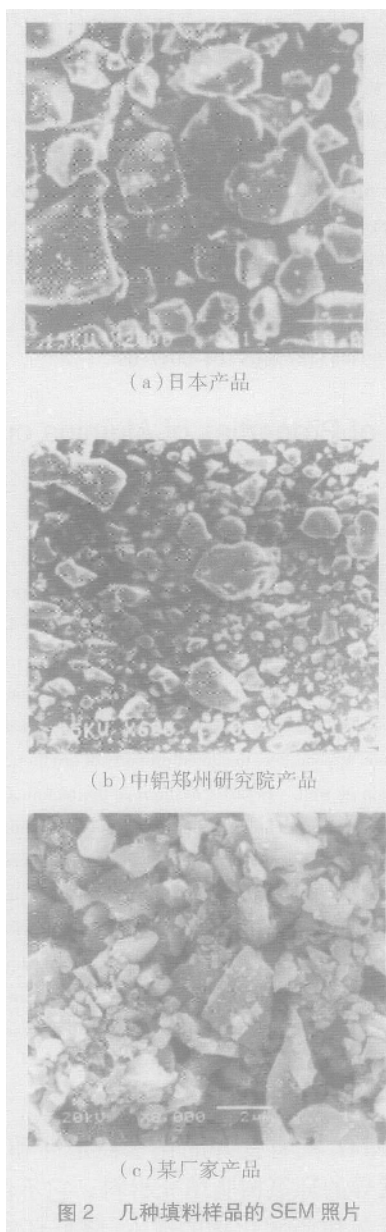


图2 几种填料样品的SEM照片

1.3 杂质的影响

填料氧化铝的杂质主要有 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 可见污染物以及少量的水分,对于环氧浇注体系来讲,每种杂质都有不同程度的影响,碱金属氧化物 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 在环氧浇注中,起固化反应的催化

作用,加速固化,不利于填料的加入,同时使固化反应不均匀,气泡排不出,降低浇注件的机电性能。

Fe_2O_3 的存在首先降低浇注件的白度,影响外观。更重要的是增大填料的电导率,对于高压电器装置,要求浇注件苛刻的局放和长期荷电性能,因此,导电粒子的存在是对浇注件电气性能的严重威胁。

对于 SF_6 组合电器,含 SiO_2 高的绝缘部件,耐 SF_6 分解物的腐蚀性较差,使绝缘件的强度降低^[7],影响其使用寿命,因此也应加以控制。

污染物在环氧浇注过程中,易附聚在浇注件表面,形成黑色斑点,严重影响外观及使用。除此之外,水分的存在也会影响浇注性能,如果填料中的水分在浇注前没完全脱除,填料就会发生团聚,一则会造成填料在树脂中分布不均;二则在后续的固化反应过程中会有水分逸出,在浇注件中形成气隙,造成浇筑缺陷,直接影响产品的强度,因此也是一个关键的因素,必须加以去除。

2 结 论

填料氧化铝的各项性能指标,都会不同程度影响环氧树脂浇注工艺和浇注件的机电性能。随着高压电器技术的发展,对填料氧化铝的要求将越来越高,因此应在各生产环节严格控制下面的各项指标,提高填料品质,从而满足浇注需求:

- (1) 控制合理的粒度大小以及粒度分布范围;
- (2) 提高氧化铝的 α 相含量,改善粉体的形貌,减少缺陷;
- (3) 控制杂质的含量,提高物化性能。

参考文献:

- [1] 周华梁. 新型环氧树脂填料氧化铝的研究[J]. 上海电器技术, 1996, (1) 51-59.
ZHOU Hualiang. Examination and study of new type epoxy filler alumina's application [J]. Huatong Technology, 1995, (4): 3-5. (in Chinese)
- [2] 徐向前. 环氧浇注专用填料三氧化二铝的应用[J]. 华通技术, 1993, (3) 26.
XU Xiangqian. The application of special alumina for epoxy cast[J]. Huatong Technology, 1993, (3): 24-27. (in Chinese)
- [3] 罗玉长. $\text{Al}(\text{OH})_3$ 粉体煅烧过程的物理化学性质变化[J]. 轻金属, 2000, (7) 11-17.
LUO Yuchang. The change of physical and chemical character of $\text{Al}(\text{OH})_3$ when it being calcined [J]. Light Metal, 2000, (7): 11-13. (in Chinese)
- [4] 尹衍生, 张景德. 氧化铝陶瓷及其复合材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
YIN Yansheng, ZHANG Jingde. Alumina Ceramics and Composites Materials with Alumina[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [5] 孟改萍. 环氧树脂浇注用三氧化二铝粉性能的对比与分析[J]. 高压电器技术, 1992, (3) 53.
MENG Gaiping. The compare and analysis of performance of alumina for epoxy cast[J]. High Voltage Apparatus Technology, 1992, (3): 51-53. (in Chinese).

我国粉体行业大型信息年度工具书 《中国粉体工业通鉴》(2006版)编纂工作全面启动

由我国粉体行业众多知名专家和全国 50 余家专业媒体联合打造第 2 卷《中国粉体工业通鉴》(2006 版)拟于 2006 年 5 月由中国科学技术出版社出版(已列入出版选题计划,选题号为 05D154),全国发行。

《通鉴》(2006 版)集中吸纳一批活跃在我国粉体行业第一线的知名专家学者加盟编委会,由学术学会、高等院校、科研院所和生产企业等多方面的专家学者为《通鉴》独家撰稿,全方位、多角度、客观真实记录中国粉体工业的发展新情况、新进程,展望“十一五”粉体工业的发展趋势和广阔前景,融前瞻性、学术性、权威性、指导性、专业性、实用性、系统性于一体,对于国内外粉体企业、投资机构及政府相关部门了解和研究中国粉体工业将具有重要的参考价值。《通鉴》第 2 卷突破了时间界限,具有长期保存价值。

《通鉴》(2006 版)适合化工、轻工、矿业、冶金、机械、建材、农

业、食品、医药、环保、军工、高新技术和粉体制备等不同行业各个领域的相关人士阅读、收藏。

为了将《中国粉体工业通鉴》打造成粉体行业的品牌精品书,已向国家工商总局商标局申请了书名商标注册保护,这在我国粉体行业专著中尚属首次。同时投入巨资在中国化工报、《中国粉体技术》、《磷硫设计与粉体工程》、《化工矿物与加工》和中国粉体网、新材料产业网、中国材料网等 100 余家专业媒体进行广泛的宣传,传播范围广,受众针对性强,广告效应持续时间长,是相关企业投放广告的理想载体。目前,《通鉴》(2006 版)广告招商工作也已同时展开,欢迎有眼光的粉体企业踊跃投放广告,将获得超值的广告效果。

《中国粉体工业通鉴》(2006 版)主编吴宏富、余绍火)