

退役复合绝缘子资源化利用研究

林海丹¹ 董巍^{2*} 列剑平¹ 杨明¹ 崔明¹ 杨代勇¹ 于群英¹ 梁永久²

(1. 国网吉林省电力有限公司电力科学研究院, 长春 130021;

2. 中国科学院长春应用化学研究所, 长春 130022)

摘 要 将退役复合绝缘子芯棒粉碎, 采用硅烷偶联剂对芯棒粉末进行表面改性, 再将其同环氧树脂、玻璃纤维共混, 通过高温模压的方式制备了改性芯棒粉末掺杂的玻璃纤维增强环氧树脂复合材料, 并考察了改性粉末添加量对复合材料性能的影响。结果表明: 该复合材料具有良好的力学性能及阻燃性能, 可继续制成芯棒部件应用于复合绝缘子中。

关键词 环氧树脂, 退役绝缘子, 复合材料

Research on the resource utilization of decommissioned composite insulator

Lin Haidan¹ Dong Wei² Lie Jianping¹ Yang Ming¹ Cui Ming¹ Yang Daiyong¹
Yu Qunying¹ Liang Yongjiu²

(1. State Grid Jilin Electric Power Co., Ltd., Electric Power Research Institute, Changchun 130021;

2. Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract The decommissioned composite insulator rod was comminuted and used the silane coupling agent to modify the surface of the mandrel powder, and then blended the powder with the epoxy resin and glass fiber. Glass fiber reinforced epoxy resin composites doped with modified mandrel powder were prepared by the way of high temperature molding. The effects of the amount of modified powder on the properties of the composites were also investigated. The results shown that the composites had good mechanical and flame retardant properties, and it can continue to be mandrel components in composite insulators.

Key words epoxy resin, decommissioned insulator, composite material

复合绝缘子是电力系统推广使用的新一代绝缘控件, 由硅橡胶伞裙及玻璃纤维增强环氧树脂复合材料芯棒构成^[1-2]。玻璃纤维增强环氧树脂复合材料具有良好的机械性能、耐溶剂性、电绝缘性及抗疲劳性, 在国防科技、航空航天、建筑、交通等方面具有广泛的应用。然而, 基体树脂及玻璃纤维的结构使复合材料难以降解^[3], 为材料的退役处理带来了困难^[4-5]。随着复合绝缘子使用量的逐年增加, 因材料老化产生的绝缘子芯棒废料也大量增多, 如何处理退役绝缘子芯棒材料成为亟待解决的问题。

废旧高分子材料处理主要有以下几个方式: 填埋、焚烧、再生利用及生物降解。结合退役绝缘子芯棒材料的性质, 本研究采用再生利用的方式对其进行资源化利用: (1) 将芯棒粉碎并对粉末进行表面改

性; (2) 将获得的改性粉末同环氧树脂、玻璃纤维等材料混合, 通过高温模压的方式制备树脂基复合材料。该复合材料具有机械强度高、电绝缘性能优良等特点, 可继续作为机械负荷的承载部件用于制备复合绝缘子的芯棒。应用本方法可以大量回收、利用退役复合绝缘子芯棒材料, 对能源的节约、材料的可持续发展具有重要意义^[6-7]。

1 实验部分

1.1 试剂与仪器

环氧树脂 E44 (工业级), 山东德源环氧科技有限公司; 玻璃纤维, 杭州泰克斯太尔复合材料有限公司; 苯酚 (分析纯), 阿拉丁试剂有限公司; 3-氨基丙基三乙氧基硅烷 (工业级), 英国诺米克有限公司; 磷

基金项目: 吉林省电力有限公司招标项目 (SGTYHT/15-JS-194)

作者简介: 林海丹 (1984-), 女, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事高电压绝缘材料相关研究。

联系人: 董巍。

系阻燃剂,自制;退役复合绝缘子芯棒。

超微粉碎机(HXCX-100A 型),江阴市海鑫药化机械制造有限公司;热压机(R-3220 型),武汉启恩科技发展有限公司;万能材料试验机(INSTRON-5869 型),英斯特朗公司。

1.2 改性退役复合绝缘子芯棒粉末的制备

利用超微粉碎机将退役复合绝缘子芯棒进行常温粉碎,获得尺寸为 500~600 目的退役复合绝缘子芯棒粉末。室温下,将退役复合绝缘子芯棒粉末加到反应釜中,加入 KH550 质量含量为 10%的乙醇/水($m_{\text{乙醇}}:m_{\text{水}}=4:1$)混合溶液,使粉末与溶液体积比为 1:1,开启搅拌,并加热至 100~150℃,保温 3~5h,冷却,过滤,获得的滤渣为表面改性的退役复合绝缘子芯棒粉末。

1.3 改性退役复合绝缘子芯棒粉末掺杂环氧树脂复合材料的制备

将环氧树脂、苯酐、阻燃剂和改性退役复合绝缘子芯棒粉末按 100:20:10:(10~30)的质量比在 60℃下进行混合,混合均匀后将玻璃纤维浸润在混合物中,充分浸润后置于模具中于 100℃下预热 20min 后,在热压机中压制成型,工艺参数为:压力 5~15MPa,温度 120℃、2h,160℃、2h,180℃、2h,即得到改性退役复合绝缘子芯棒粉末掺杂环氧树脂复合材料。

2 结果与讨论

2.1 力学性能分析

将制备的复合材料,采用万能材料试验机测试其抗弯强度(样品尺寸为 30mm×6mm×4mm,跨距为 24mm)和压缩强度(样品尺寸为 $\phi 10\text{mm}\times 10\text{mm}$),加载速率为 1mm/min。当改性退役复合绝缘子芯棒粉末的添加质量为基体树脂的 10%~30%时,其复合材料的抗弯强度变化趋势见图 1。

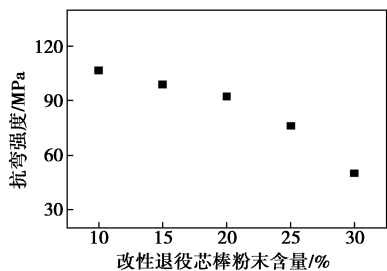


图 1 改性退役芯棒粉末含量对复合材料抗弯强度的影响

改性退役芯棒粉末含量对复合材料抗压强度的影响见图 2。

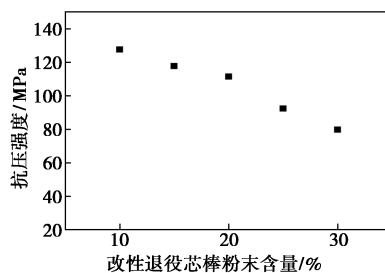


图 2 改性退役芯棒粉末含量对复合材料抗压强度的影响

由图 1 和图 2 可知,添加改性退役复合绝缘子芯棒粉末后,环氧树脂复合材料的抗弯强度和抗压强度都随着粉末添加量的增加而逐渐降低,这是因为芯棒粉末含量过高时,均匀分散变得困难,易在加工过程中发生聚集,在外加应力的作用下,这些团聚体变为应力点,受力时容易开裂,导致环氧树脂复合材料发生碎裂。但同时发现,较低含量的芯棒粉末加入环氧树脂可形成粒子增强结构,芯棒颗粒三维随机分布,构成分散相,芯棒粉末颗粒之间没有强的化学链接,粉末掺杂环氧树脂内部不形成整体性的增强结构^[8]。当存在外力时,芯棒粉末由于内部存在玻璃纤维,与环氧树脂应变不同步,主裂纹前端应力场发生变化,易使主裂纹偏转。同时,加上本身表面存在大量毛刺,当基质环氧树脂达到极限应变断裂时,断裂应力将瞬间集中在芯棒粉末颗粒上,在颗粒表面产生应力集中,诱发大量银纹,进而消耗大量的能量,因此对复合材料力学性能影响不大^[9-10]。

2.2 阻燃性能分析

根据 GB/T 10707—2008 中垂直燃烧法测量改性退役复合绝缘子芯棒粉末掺杂的复合材料的燃烧性能等级,根据材料的垂直燃烧性能等级判别表,得到环氧树脂复合材料燃烧性能等级,结果见表 1。

表 1 改性退役复合绝缘子芯棒粉末掺杂复合材料燃烧性能测试

检测项目	试样燃烧现象		
	10/%	20/%	30/%
单个试样每次施加火焰后的有焰燃烧时间/s	≤10	≤10	≤10
每组 5 个试样施加 10 次火焰后总的有焰燃烧时间/s	≤50	≤50	≤50
单个试样第二次施加火焰后有焰燃烧时间与无焰燃烧时间之和/s	≤30	≤30	≤30
有焰或无焰燃烧蔓延到夹具的现象	无	无	无
滴落物引燃脱脂棉的现象	无	无	无
阻燃等级	FV-0	FV-0	FV-0

(下转第 245 页)