

复合绝缘吊杆芯棒的材料选择 及主要拉挤成型工艺参数的确定

The Material Selection of Composite Insulated Boom Sticks and the Determination of Main Pultrusion Technique Parameter

张福林¹, 王冬青²

(1. 保定电力修造厂, 河北 保定 071062; 2. 哈尔滨第一机器制造厂, 黑龙江 哈尔滨 150010)

摘要: 为了保证芯棒机械拉伸强度和绝缘性能的稳定性, 根据拉挤成型芯棒材质构成特点, 通过分析验证认为: 芯棒中起着骨架作用纤维应选择绝缘强度高、各种性能稳定的无碱玻璃原料拉制; 芯棒起着粘合防护作用的树脂应选取粘接性能牢固可靠、防护性能好的原料组成; 芯棒拉挤成型主要参数应根据树脂固化的“放热曲线”为基准加以确定。

关键词: 芯棒; 选择; 工艺

【中图分类号】 TM215.924 **【文献标识码】** B **【文章编号】** 1004-7913(2003)07-0040-03

复合绝缘吊杆是近年来研制的新型绝缘结构带电作业工具。它是由有机聚合绝缘为主要材料制造的复合绝缘结构形式的产品。具有机械强度高、绝缘性能好、不受潮、易维护、保存等特点, 现已在输电线路带电作业中得到推广使用。复合绝缘吊杆是在输电线路人工带电操作时所使用的绝缘设备, 其性能十分重要。它不仅涉及线路安全运行, 而且还涉及人身安全问题, 应绝对安全可靠。因此, 对于复合绝缘吊杆承拉部件芯棒, 要保证较高机械强度和良好绝缘性能, 就必须根据芯棒中材质构成的特点。考虑到芯棒拉制成型过程的具体情况, 通过分析对芯棒所组成的原材料进行合理选择, 芯棒拉制成型各道工序、工艺参数应用优化方式来确定。

1 芯棒材质的合理确定

芯棒是由玻璃纤维体和树脂组成的。它是利用纤维圆柱体浸渍树脂经模具拉挤加热固化而形成整体的。这种成型工艺所形成的芯棒使得纤维圆柱体周围充实树脂而粘合, 其整体性能首先取决于纤维圆柱体构成材质成分和树脂各组成部分的性能。

1.1 纤维圆柱体材质成分选择

纤维圆柱体是芯棒中的主体材料, 起着骨架作用。就国内复合绝缘所采用的芯棒而言, 纤维圆柱体的含量占芯棒总重的 80% 左右。其所占的空间体积也约占芯棒体积的 65%。可见纤维柱体材质性能在芯棒中起着主导作用。

芯棒中的纤维圆柱体是采用无碱玻璃原料制成的。无碱玻璃材料基本上都是由二氧化硅、氧化铝和氧化硼构成的。这些氧化物分子结构性能是较为稳定的, 而且在材料中都以绝缘性能极好晶体相结构状态出现。玻璃材料中所含有难以清除掉的微量氧化钾和氧化钠, 是属于碱金属氧化物。在材料中极容易以离子状态存在。这对绝缘材料性能是不利的。但可以利用钾、钠离子浓度比为某一定值的“中和效应”来降低其存在对材料绝缘性能的影响程度^[2]。玻璃材料中所含有少量的氧化钙和氧化镁, 是属于碱金属氧化物。它们的存在可以促使材料中晶体相的氧化物结构组成更紧密, 起着阻碍金属离子通路的“压抑效应”, 明显提高材料中的绝缘性能。

1.2 树脂材料的确定

树脂是芯棒中的基体材料, 起着包裹粘合纤维圆柱体的作用。树脂虽然只占芯棒重量的 20% 左右, 但空间体积却占 35% 以上。它的结构性能对芯棒起着关键作用, 尤其对芯棒采用无碱玻璃纤维的防护性能更显得十分重要。它直接关系到芯棒性能的稳定性。

芯棒所采用的树脂主要是由环氧树脂基体、固化剂、促进剂和脱模剂组成。参与组成树脂体形网状结构的固化剂, 经与环氧树脂基体充分混合后, 其结构中的羟基、醚基和极活泼的环氧基的存在, 使得具有极强结合性。由此在芯棒拉制固化成型后, 树脂不但有较好机械绝缘性能, 而且与纤维圆

柱体有很高的粘接强度。同时,树脂体表网状结构中又含有的苯环、醚键,其结构既稠密又封闭,使其具有良好的防护性能。所以占有树脂中相当比例固化剂的确定是非常重要的。在选择固化剂过程中,首先应考虑到树脂固化后,避免树脂中固化残留生成物所造成树脂网状结构微观破坏。防止外部介质利用这些部位通过吸附渗透扩散进入内部来破坏整体性能。其次应注意树脂固化拉伸强度和压缩弹性变形量。这些技术参数将直接关系到芯棒整体性能和产品端部压接界面结构连接性能的稳定。接着在树脂固化过程中应采取体积膨胀性措施来消除树脂网状结构内部残余应力。

芯棒所采用树脂中的促进剂是为了缩短树脂固化时间,节约能源,适应控制设备性能要求的添加剂。它虽然占树脂中少量部分,但除了应有缩短树脂固化时间外,还对树脂其他性能带来影响。因此,在确定树脂固化促进剂时,应在尽量缩短树脂固化时间的基础上,考虑加入促进剂的树脂固化反应活性变化状态、室温储存的稳定性和玻璃化转变温度变化情况等因素,结合加入促进剂后的固化样品介损、力学性能、热稳定性以及耐介质腐蚀程度的对比试验数据,通过综合性分析后加以确定。这样就会满足芯棒性能的要求。

芯棒所采用树脂中的脱模剂,是为了改善芯棒拉制过程中操作工艺性和脱模性能而添加一种助剂。树脂中脱模剂选择除了要求与树脂不发生任何反应、与金属模具内腔表面有润滑作用外,还应与树脂在常温下有较好的相容性,在一定固化温度下能够迅速从树脂预凝胶表面迁移到拉制芯棒表面,从而起到良好的脱模作用。

2 芯棒拉挤成型主要工艺参数的确定

芯棒的拉挤成型过程,是把偶联剂处理好的无捻直接粗纱,以适当的牵引速度从浸胶槽浸渍树脂由专用装置预成型后,进入模具腔内,经过特定的冷却区、预热区、胶凝区和固化反应区,通过复杂物理变化和化学反应进行复合而成型的。芯棒的拉挤固化成型最基本工艺过程是在模具腔内来实现的。芯棒在模具腔内各个区域的工艺参数,应根据浸透树脂的纤维在模具腔内的连接运动过程所出现的变化状态,通过分析后进行合理选择。模具腔冷却区的设置,是防止腔内回流树脂在模具口处固化,保证浸渍树脂纤维通过。模具腔内足够长预热区,是利用树脂回流迁移对完成直化精确定位的纤

维进行充分的再浸渍。同时也利用树脂导热率低引起由内向外流动的特点,迫使浸渍树脂的纤维向模具中心聚集。模具腔内的胶凝区,是在模具温区不断升高的条件下,利用纤维聚集,树脂粘度降低,体积膨胀的三重作用,促使其在模具腔壁上所逐渐形成压力增加和积累。并在胶凝区凝胶点处达到最大值。模具腔内的固化反应区是在通过凝胶点处引发树脂凝胶和固化反应所发生放热,引起树脂温度急剧升高,促使树脂粘度增加而迅速转变为坚硬的固体。芯棒在模具腔内的成型过程,可以综合认为是浸渍树脂纤维在模具腔内通过牵引状态的树脂流动、压力分布、热量传递和树脂固化动力等作用来实现的。利用这些在模具腔内交叉存在的变量,均作为确定芯棒成型工艺参数是难以办到的,只能从芯棒在模具腔所出现变化参量有直接因果关系来考虑。从芯棒在模具腔内完成树脂由液体向固化状态转变而成型过程来看,其树脂的固化是模具腔内最根本也是最关键的变化。它是通过树脂固化反应来实现的。树脂固化的“放热曲线”是直观反映树脂固化反应过程的实用曲线。因此,拉挤芯棒在模具腔各区域的工艺参数,应以芯棒所采用树脂固化的“放热曲线”为准,考虑到芯棒实际拉挤过程中的牵引速度与模腔表面摩擦、纤维间树脂粘接状况等因素的影响,在保证拉挤芯棒的性能基础上,通过优化调整来确定。但还需指出,在多批量生产芯棒过程中,则由于受芯棒原料的波动,浸胶槽树脂室温存放粘度变化以及添新胶树脂粘度的周期性改变等因素的影响,往往使工艺参数偏离树脂反应固化的最佳设计条件,这将直接影响拉挤成型芯棒的性能。由此,还必须根据生产芯棒的实际情况,相应调整模具腔各区域的工艺参数进行微调,才能保证批量芯棒的性能稳定性。

3 结论

a. 在保证拉挤成型工艺质量的芯棒,其纤维应采用绝缘强度高,各种性能稳定的无碱玻璃原料控制。

b. 芯棒中树脂所采用环氧树脂基体和固化剂的材料选择除了应具备绝缘性能好、粘接强度高、在芯棒环温变化范围内性能稳定的特点外,还应有消除树脂结构残余应力的性能。

c. 芯棒中树脂所采用缩短固化时间的促进剂,应在满足实际拉挤成型芯棒要求和不降低芯棒各种性能的情况下进行合理选择。

d. 芯棒中树脂所用于模具腔表面起润滑作用的脱模剂, 应选择在常温下与树脂有良好相容性, 在一定固化温度下又都能迅速迁移到拉制芯棒外表面的材料。

e. 芯棒拉挤成型模具腔内各区域工艺参数, 应基于树脂固化的“放热曲线”, 通过芯棒实际拉挤的相关因素进行修正再加确定。

参考文献:

- [1] 陈原. 超高压直流合成绝缘子研究 [D]. 北京: 清华大学 1997 年博士论文
- [2] 刘子亚. 电介质物理 [M]. 西安: 西安交通大学出版社,

1979

- [3] 徐国平. 玻璃钢化学腐蚀性能的研究 [J]. 纤维复合材料, 1996 年 1 期 P35 ~ 42
- [4] 上海树脂厂. 环氧树脂生产与应用 [M]. 北京: 石油化学工业出版社, 1976
- [5] 张福林. 复合绝缘子运行过程中芯棒出现脆断原因分析 [J]. 电网技术, 2000 年第 1 期 P59 ~ 61
- [6] 郝建军. 新型环氧树脂固化剂及其固化树脂性能的研究 [J]. 绝缘材料通讯, 2001 年第 3 期 P5 ~ 7。

作者简介:

张福林 (1943-) 教高, 本科, 从事绝缘子系列产品研究开发工作。

(收稿日期 2003-04-20)

最近新版图书

供电生产常用指导性技术文件及标准					
第一册无功补偿、电能质量及损耗		第二册变压器类设备		第三册高压开关设备	
第四册架空送电线路		第五册电力电缆及附件		第六册过电压与绝缘配合、接地装置	
GB50500—2003 建设工程工程量清单计价规范			建设工程工程量清单计价编制实用手册		
GB5161.1 7—2002 电气装置安装工程施工质量验收及评定标准					
电力安全生产宣传画——发电企业 一套 6 张 供电企业 一套 6 张					
法律法规	防火防爆	防止触电伤害	安全工器具与安全标识	防止高空坠落	触电现场急救
电力安全生产宣传画——农村安全用 一套 4 张					
农村用电安全第一		农村用电话安全（一）		农村用电话安全（二）	
				触电现场急救	
电业安全工作规程					
发电厂和变电所电气部分		热力和机械部分		电力线路部分	
				高压实验室部分	
安全管理效问答			新编安全生产法律法规全书（上中下）		
电力生产标准化作业安全措施卡			危险分析及控制措施		
电力安全生产法规汇编			电力生产企业安全设施规范手册（修订版）		
安全事故与法律责任问答			电力企业现代安全管理知识问答		
供电企业职业技能操作导则					
高压线路带电检		电力电缆		高压电气试验	
				配电运行、检修、安装	
装表接电		电能表修校和电测仪表		变电检修	
				架空送电线路	
				变压器检修	
电力设备预防性试验技术丛书					
一旋转电机		二电力变压器		三互感器与电容	
				四开关设备	
五套管与绝缘子		六电线电缆		七避雷器与接地	
1 000 个为什么					
电力安全生产规程规定 1 000 问		变电运行与检修 1 000 问		线路运行与检修 1 000 问	
电力系统微机保护 1 000 问		电力营销与使用 1 000 问		电力企业班组管理 1 000 问	
火电工程调试技术手册（共七卷）					
综合卷	汽轮机卷	锅炉卷	金属卷	热工卷	化学卷
					电气卷
电业工人技术问答丛书					
锅炉检修技术问答		发电厂集控运动技术问答		电机检修技术问答	
变电检修技术问答		送电线路技术问答		电厂化学设备检修技术问答	
电力系统运行实用技术问答		电力电缆安装运行技术问答		锅炉技术问答 1 100 题（上、下）	

以上为部分图书目录, 如需要图书总目录请电话联系, 免费邮寄, 或登陆网站。

名 称	邮 编	地 址	电 话	传 真
沈阳三北电力科技书店	110006	沈阳市和平区光荣街 42 丙 3 号	024-23863322	024-23102977
哈尔滨市电力科技书店	150030	哈尔滨市香坊区建北街 61-1 号	0451-5107400	0452-3684168
呼和浩特三北电力书店	010020	呼和浩特市五塔寺东街内蒙电力公司 31 号楼 16 号门市	0471-5813807	0471-6842917

中国电力出版社、中国水利水电出版社——三北发行站网址:

<http://www.ep-books.com/>; 邮箱: ypzhang@ep-books.com aht@ep-books.com