

环境温度对架空导线用碳纤维复合芯成型工艺及性能的影响^{*}

何州文 陈 新 药宁娜

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要 研究了两种不同树脂体系黏度与环境温度、凝胶化时间与温度的关系, 确定了用于拉挤工艺的树脂体系。采用该树脂体系制备了架空导线用碳纤维复合芯, 分析了环境温度对碳纤维复合芯制品成型工艺和拉伸强度的影响, 采用扫描电子显微镜分析了碳纤维复合芯的拉伸断裂机理。结果表明, 环境温度对碳纤维复合芯的拉伸强度及表现性能影响较大, 当环境温度变化较大时如不及时调整成型工艺参数, 复合芯制品会出现堵模、白粉、沟痕等缺陷; 当环境温度为 30℃ 时复合芯制品拉伸强度最高。

关键词 环境温度 碳纤维复合芯 架空导线 拉挤成型

碳纤维复合芯由于其具有拉伸强度高、线膨胀系数小、耐热性好等优点^[1], 可广泛用于架空输电线路导线, 用于替代传统钢芯铝绞线中的钢芯。输电导线主要承受轴向载荷, 钢芯铝绞线由钢芯和铝股共同承载, 碳纤维复合芯导线则主要由复合芯承载^[2]。因此, 在碳纤维复合芯制备过程中需要充分考虑各因素对其拉伸性能的影响。环境温度对模具内传热及模具尺寸的影响会造成复合芯拉伸强度的变化。金属模具腔体尺寸会随着环境温度的变化而伸缩, 导致了拉挤过程中腔内压力的变化及复合芯纤维含量的较大变化。大规模生产时车间温度在夏季可达 40℃ 以上, 而在冬季有时只有约 10℃。因而笔者旨在通过对复合芯表现性能、力学性能、微观结构的分析, 研究环境温度变化对拉挤成型复合芯制品的影响, 优化拉挤成型工艺, 为复合芯的大规模产业化提供技术参考。

1 实验部分

1.1 主要原材料

碳纤维: 12k T700, 日本东丽公司;

环氧树脂体系 1 (EP-1): XB9721, 美国 Huntsman 公司;

环氧树脂体系 2 (EP-2): Je-012, 常熟佳发化工有限公司。

1.2 主要设备、仪器

成型模具: 工具钢镀铬, 长度 1 m, 腔体直径 8.5 mm;

电子拉力机: CMT-6104 型, 深圳新三思计量技术有限公司;

差示扫描量热分析 (DSC) 仪: Q2000 型, 美国 TA 公司;

扫描电子显微镜 (SEM): S-4800 型, 日本日立

公司;

黏度计: CAP2000+ 型, 美国 Brookfield 公司;

胶固化时间测试仪: GT-II 型, 临安丰源电子有限公司。

1.3 试样制备

碳纤维复合芯拉挤成型工艺流程如图 1 所示。在牵引机的拉力下, 连续的碳纤维材料在 EP 基体中浸渍, 预成型后通过加热的模具, 热量传递至液态的树脂体系, 交联反应开始发生, 树脂从复合材料的周边向中心固化。由于交联, 树脂体积收缩, 使得复合材料与模具分开, 热的固体复合材料从模具中脱出, 经过后固化、冷却等流程, 最终由收线机进行碳纤维复合芯的收卷。树脂的固化反应和相变均发生在固化模内, 且在较短时间内完成。复合芯拉挤速率约为 600 mm/min。

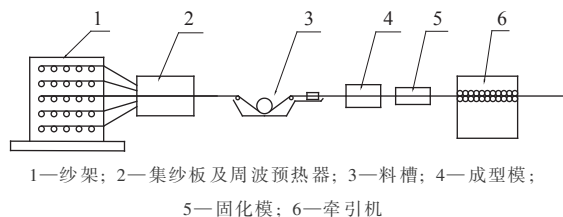


图 1 拉挤工艺流程图

1.4 性能测试

拉伸强度按 GB/T 13069-1991 测试;

采用 SEM 对材料微观结构进行观察并拍照。

2 结果与讨论

2.1 树脂体系性能研究

图 2 所示为两种树脂体系的黏度-温度曲线。从图 2 可以看出, 随着温度的升高, 树脂体系黏度快

^{*} 国家电网公司科技项目 (5442 DX100010)

收稿日期: 2011-07-07

速下降,当温度小于 80℃时,EP-1 的黏度低于 EP-2,且温度越低,EP-1 与 EP-2 的黏度差值越大。这说明在 30 ~50℃的环境温度下,EP-1 的黏度相对于 EP-2 来说较小。在拉挤工艺过程中,黏度对树脂浸润纤维至关重要,黏度越小越容易润湿纤维。

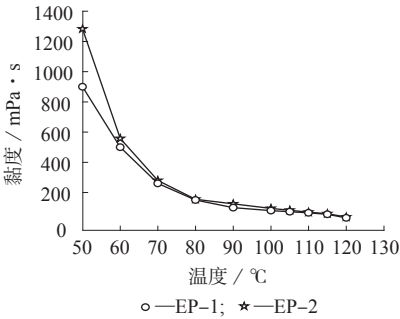


图2 两种树脂体系的黏度-温度曲线

图3 所示为两种不同树脂体系的 DSC 曲线。EP-1 反应起始温度约为 145℃,拉挤固化区间约为 145 ~211℃;EP-2 反应起始温度约为 80℃,拉挤固化区间约为 80 ~160℃。但实际生产中,EP-2 反应起始温度略高,约为 100℃。

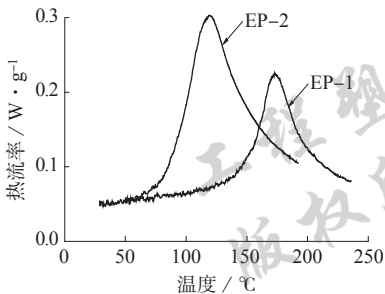
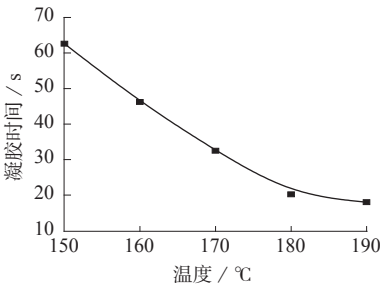


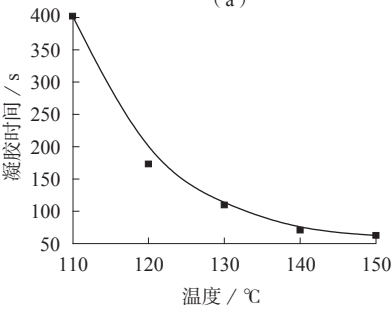
图3 两种树脂体系的 DSC 曲线

图4 所示为树脂体系凝胶时间与温度的关系曲线。从图4 可以看出,在固化反应温度区间内,EP-1 凝胶化时间约为 18 ~ 63 s,EP-2 凝胶化时间约为 63 ~ 402 s。根据拉挤速率及模具长度,复合芯在模具内的时间约为 100 min,其中通过凝胶区的时间约为 30 ~ 45 s,因此 EP-1 的凝胶化时间与模内时间相匹配,更适合复合芯的拉挤成型。

拉挤过程中树脂及固化体系在模具内的化学反应主要发生在凝胶区。预热的树脂在凝胶区发生反应,EP的凝胶反应为放热反应,放热的反应加快了固化反应的进行,只有控制好凝胶区内的凝胶反应,才能保证优异的制品性能。控制好凝胶区的凝胶反应,就是要控制好凝胶反应的时间和温度^[3-4]。理想的凝胶区温度是一个稳定的温度场,但是实际生产中,环境温度对凝胶区温度的扰动作用对复合芯制品的表观形貌、力学性能等方面均有明显的影响。



(a)



(b)

a—EP-1; b—EP-2

图4 两种树脂体系的凝胶时间-温度曲线

2.2 环境温度对碳纤维复合芯成型工艺的影响

以 30℃作为环境起始温度,设定了碳纤维复合芯成型的最佳工艺参数,通过改变环境温度得到了不同的成型状态,如表1 所示。从表1 可以看出,当环境温度降低时,不改变成型模具和纤维含量,将会出现越来越重的堵模现象。其原因是环境温度降低,导致金属模具腔体的膨胀变小,纤维含量过高造成堵模。当环境温度升高时,不改变成型模具和纤维含量,碳纤维复合芯制品将出现白粉、沟痕及纤维含量不足等现象。其原因为环境温度的升高导致金属模具腔体的膨胀变大,树脂体系所受压力变小。

表1 不同环境温度下碳纤维复合芯制品的成型状态

环境温度/℃	成型状态
10	设备严重抖动(严重堵模)
20	碳纤维复合芯表面光滑、无沟痕、设备轻微抖动(轻微堵模)
30	碳纤维复合芯表面光滑、无沟痕、设备运行稳定
40	碳纤维复合芯表面有沟痕、设备运行稳定
50	碳纤维复合芯表面有沟痕、有白粉、设备运行稳定

试验证明,当环境温度从 30℃升高到 50℃时,腔体直径为 8.5 mm 的碳纤维复合芯成型模具需要增加 4 ~ 6 束 12k T700 碳纤维。当环境温度从 30℃降到 10℃时,腔体直径为 8.5 mm 的碳纤维复合芯成型模具需要减少 3 ~ 4 束 12k T700 碳纤维。

2.3 拉伸性能

碳纤维复合芯拉伸强度是表征其界面性能的重要力学性能。图5 所示为不同环境温度下制备的碳

纤维复合芯制品的拉伸性能试验曲线。由图5可知,当制备过程中环境温度为10℃时,其拉伸强度约为2060 MPa;当环境温度达到30℃时,其拉伸强度可达2610 MPa,增加了约26%。且随着温度的升高,复合芯制品的拉伸强度变化趋于稳定。

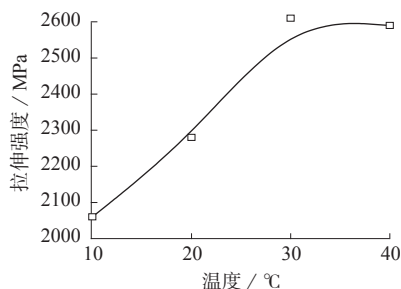


图5 环境温度对碳纤维复合芯制品拉伸强度的影响

2.4 微观形貌分析

图6所示为车间环境温度为10℃时碳纤维复合芯拉伸劈裂面形貌。由图6可以看出,在外加载荷的作用下基体和纤维界面脱粘,碳纤维复合芯承载外力时,树脂基体首先开裂,但纤维仍能承受载荷,随着载荷进一步增大,基体和界面脱粘,当载荷达到纤维断裂强度时,纤维发生断裂。

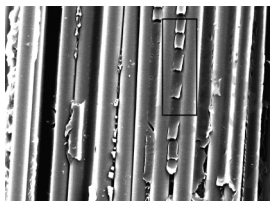
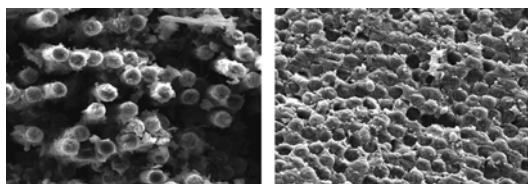


图6 碳纤维复合芯拉伸劈裂面形貌

图7所示为拉挤工艺中环境温度为10℃和30℃时碳纤维复合芯制品拉伸后的断面形貌。由图7a可以看出,在拉应力作用下,大部分碳纤维与EP的界面结合情况较差,纤维呈束被拔出,表面几乎没有树脂。由图7b可以看出,复合芯断面较为平整,纤维拔出较短,说明碳纤维与树脂界面结合情况较好,基体所承受载荷通过界面传递给碳纤维,碳纤维充分起到承载的作用。以上说明,环境温度降低,模具



(a) (b)

a—环境温度为10℃; b—环境温度为30℃

图7 碳纤维复合芯制品的拉伸断面形貌

腔内尺寸变小,预先穿入的纤维含量不足,腔内压力下降,树脂基体在纤维间的浸润性变差和模具内传热发生变化,导致界面结合情况变差,宏观表现为碳纤维复合芯拉伸性能降低。

3 结论

(1) 当温度小于80℃时,EP-1体系的黏度较低,且其凝胶时间与在模具凝胶区的时间相匹配,适用于碳纤维复合芯拉挤成型工艺。

(2) 当环境温度改变时,如果保持成型模具和纤维数量不变,复合芯制品将出现堵模或者白粉、沟痕等纤维含量不足等现象。碳纤维复合芯成型工艺应随着环境温度的变化作相应调整。

(3) 碳纤维复合芯拉伸强度随车间环境温度升高而增大,当车间环境温度达到30℃时,其拉伸强度增加了约26%,并且随车间环境温度的继续升高,其拉伸强度趋于稳定。

(4) 环境温度对碳纤维复合芯成型工艺和性能有较大的影响,建设生产车间时应将环境温度控制作为重要的设计依据。

参考文献

- [1] 龙传永. 架空输电线路合成导线的开发研究[J]. 电力建设, 2004, 25(11): 1-6.
- [2] 王秋玲, 何州文, 张卓. 新型导线用碳纤维复合材料的拉挤成型工艺技术研究[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(2): 33-35.
- [3] 丁传荣, 刘广平. 复合材料拉挤工艺的热传递和固化数学模型研究[J]. 纤维复合材料, 2001(3): 24-27.
- [4] 张强, 赵艳杰. 复合材料拉挤成型过程中温度和固化度的数值模拟研究[J]. 纤维复合材料, 2007(2): 17-20.

EFFECT OF AMBIENT TEMPERATURE ON FORMING PROCESS AND PERFORMANCE OF CARBON FIBER REINFORCED COMPOSITE CORE USED FOR OVERHEAD TRANSMISSION LINE

He Zhouwen, Chen Xin, Yao Ningna

(China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

ABSTRACT The ambient temperature-viscosity relation and the gelation time-temperature relation of two resin system were studied, then the resin system used for pulltrusion molding was confirmed. Carbon fiber reinforced composite core used for overhead transmission line was prepared by using the confirmed resin system, the effects of ambient temperature on forming process and tensile property of carbon fiber reinforced composite core were analyzed and the tensile fracture mechanism of the carbon fiber reinforced composite core was analyzed by SEM. The results showed that ambient temperature had great influence on tensile property and surface per-

formance of carbon fiber reinforced composite core. If pulltrusion parameters weren't timely adjusted when ambient temperature changed greatly, the defect of composite core would appeared, such as instance die blocked, whiting, cavity. When ambient temperature was 30℃, the composite core had highest tensile strength.

KEYWORDS ambient temperature, carbon fiber reinforced composite core, overhead transmission line, pulltrusion

中昊晨光氟树脂相关科技成果获奖

2011年8月上旬,中昊晨光化工研究院的科技成果——挤管用中压缩比聚四氟乙烯分散树脂 CGF238 的研制(推广应用)荣获2011年度四川省自贡市科学技术进步奖一等奖。该院挤管用中压缩比 CGF238 采用自行研制开发的新工艺、新技术,降低了生产成本,提高了产量的同时确保了氟树脂的内在性能。目前该产品指标已达国内领先水平,并同国外同类产品水平相当,其部分应用性能优于国外同类产品。

(工程塑料网)

利乐公司推出全球首款植物合成塑料开盖包装

利乐公司近日宣布将正式推出采用绿色聚乙烯(PE)开盖的利乐砖包装,日前将在雀巢巴西公司两款热卖的乳品中使用。据悉,这也是全球首款采用植物合成塑料开盖的包装投入市场,标志着利乐公司携手液态食品客户,向实现“包装100%使用可再生原材料”的目标又迈出了里程碑意义的一步。

利乐集团总裁兼首席执行官表示,利乐公司可持续发展蓝图上又增添了重要的一笔。长久以来,利乐包装在使用可再生原材料方面不断进取。今天推出了绿色塑料开盖;未来还将履行环保承诺,将绿色塑料推广到包装的其它塑料部件。“包装完全使用可再生原材料”的愿景也将成为现实。

新款绿色塑料开盖所用的生物PE是由巴西最大石化公司 Braskem 开发的。该公司从甘蔗提取衍生产品后进行聚合,制成塑料来生产开盖。由于创新地采用了甘蔗这一可再生的生物原料,这一工艺的开发将有利于在全球范围内减少温室气体排放。同时,采用绿色塑料开盖的乳品投放市场后,将进一步提升消费者的环保意识,为他们购买低碳、绿色的产品提供了新选择。

据悉,目前利乐公司的包装产品线可再生原材料平均使用率已经超过73%。今年4月,利乐公司宣布了未来十年的环保蓝图,表示将不懈努力以提升可再生原料使用比例。

(中国聚合物网)



余姚市汇合塑化有限公司

www.hh53.com

余姚市汇合塑化有限公司创立于二〇〇五年,公司下辖两个生产基地,一个检测公司,是开发碳纤维复合材料等前瞻性产品的专业改性公司。公司二〇〇七年通过环评认证,通过ISO9001:2000管理体系认证,是中国塑料加工工业协会改性委员会常务理事单位,是宁波地区唯一的科研实验开发生产基地,是中国工程塑料工业协会加工应用专业委员会委员单位。

产品简介

碳纤维复合材料系列

CFRPA6、CFRPA66、
CFRPC、CFRPP、
CFRABS、CFRPOM等

产品优点

密度小、高强度、高模量、耐
腐蚀、耐高温、导电、耐磨、收缩
率小、线膨胀系数低、耐磨性、尺
寸稳定性好。

产品用途

可代替部分有色金属材料,广
泛用于航空、航天、汽车、纺织、
机械、电器、体育用品等行业。

无卤阻燃聚丙烯

注塑级、挤出级

产品优点

无卤阻燃,可达到UL94V-0级,
不粘膜、不析出,灼热丝温度可达
到960℃,热变形温度可达到142℃。

产品用途

可完全代替阻燃ABS,部分代
替增强ABS和PBT,可制作小家电
外壳,电视机后盖,电容器外壳,
插座、空调、冰箱等配件。

工厂电话: 0574-62501577

传真: 0574-62532511

联系人: 李志刚 18958321380

地址: 浙江余姚中国塑料城A1-63号 邮编: 315400

销售部电话: 0574-62530511

传真: 0574-62530511

联系人: 赵明 13857497450