



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102977552 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 05

(21) 申请号 201210397257. 6

*C08K 3/24*(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 10. 18

*C08J 5/04*(2006. 01)

(73) 专利权人 国网智能电网研究院

*B29C 70/52*(2006. 01)

地址 102401 北京市房山区良乡昊天北大街  
13 号

*B29C 70/54*(2006. 01)

专利权人 国家电网公司

(56) 对比文件

(72) 发明人 刘辉 陈新 何州文 兰逢涛

CN 102516708 A, 2012. 06. 27, 说明书第  
[0013]-[0032] 段 .

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有  
限公司 11271

CN 101722658 A, 2010. 06. 09, 说明书第  
[0006]-[0022] 段 .

代理人 徐国文

CN 102371650 A, 2012. 03. 14, 实施例 .

审查员 余晓兰

(51) Int. Cl.

*C08L 63/00*(2006. 01)

*C08L 79/08*(2006. 01)

*C08L 9/00*(2006. 01)

*C08L 75/04*(2006. 01)

*C08K 13/04*(2006. 01)

*C08K 7/14*(2006. 01)

*C08K 3/34*(2006. 01)

*C08K 7/06*(2006. 01)

*C08K 3/22*(2006. 01)

*C08K 3/36*(2006. 01)

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种纤维增强树脂基复合材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供了一种纤维增强树脂基复合材料及其制备方法, 复合材料由树脂材料和纤维增强材料制成, 按体积分数计: 树脂材料为 20-50%, 纤维增强材料为 50-80%; 树脂材料包括: 热固性树脂 100 份、固化剂 50-200 份、促进剂 1-20 份、脱模剂 1-20 份、填料 1-10 份; 纤维增强材料为拉伸强度  $\geq 3500\text{MPa}$  的玻璃纤维。本发明复合材料具有结构均一、绝缘性好、韧性优异、强度较高、玻璃化转变温度高、成本低及表面光洁等特征。



1. 一种纤维增强树脂基复合材料,所述复合材料由树脂材料和纤维增强材料制成,按体积分数计:所述树脂材料为 20-50%,纤维增强材料为 50-80%;其特征在于按体积分数计:

所述树脂材料包括:热固性树脂 100 份、固化剂 50-200 份、促进剂 1-20 份、脱模剂 1-20 份、填料 1-10 份;

所述纤维增强材料为拉伸强度 $\geq 3500\text{MPa}$  的玻璃纤维;

所述固化剂任意选自邻苯二甲酸酐、四氢邻苯二甲酸酐、六氢邻苯二甲酸酐、甲基四氢邻苯二甲酸酐、甲基六氢邻苯二甲酸酐、均苯四甲酸酐、苯酮四酸二酐、甲基环己烯四酸二酐、二苯醚四酸二酐、乙二胺、二亚乙基三胺、三亚乙基四胺、四亚乙基五胺、己二胺或间苯二甲胺中的一种或几种;

所述促进剂是选自 2-乙基-4-甲基咪唑、N,N-二甲基苄胺,CT-152x,DBU 或三乙醇胺中的一种或几种。

2. 如权利要求 1 所述的一种纤维增强树脂基复合材料,其特征在于所述热固性树脂为任意选自双酚 A 型环氧树脂、双酚 F 型环氧树脂、多酚型缩水甘油醚环氧树脂、聚乙二醇二缩水甘油醚环氧树脂、聚丙二醇二缩水甘油醚环氧树脂、1,4-丁二醇二缩水甘油醚环氧树脂、邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、间苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、六氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、4,4'-二氨基二苯甲烷环氧树脂、对氨基苯酚环氧树脂、三聚氰胺环氧树脂、芳香族聚醚缩水甘油醚环氧树脂、芳香族超支化聚酯型环氧树脂、聚酰亚胺、丁二烯树脂或聚氨酯中的一种或几种。

3. 如权利要求 1 所述的一种纤维增强树脂基复合材料,其特征在于所述脱模剂是选自硬脂酸锌、硬脂酸或二甲基硅油中的一种或几种。

4. 如权利要求 1 所述的一种纤维增强树脂基复合材料,其特征在于所述填料是选自纳米蒙脱土、硅藻土、纳米碳纤维、纳米  $\text{TiO}_2$ 、纳米  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{BaTiO}_3$  或纳米  $\text{Al}_2\text{O}_3$  中的一种或几种。

5. 一种制备如权利要求 1 所述的复合材料的方法,其特征在于所述方法步骤如下:

1) 开卷纱束:

即纤维增强材料在牵引机的拉力下,经  $100 \sim 200^\circ\text{C}$  干燥预处理 1-2 分钟,经过导向辊和集束栅板、集纱辊后,进入浸渍胶槽,浸透树脂材料胶液不少于 0.5min;其中浸渍胶槽温度为  $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ ;

2) 经树脂材料胶液浸润的纤维增强材料,通过具有一定界面形状的预成型模具,排出多余的树脂和气泡,进行预成型;

其中预成型模内的温度为  $50^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$ ;

3) 固化成型:

复合材料的树脂胶液在前段固化模具内逐步升温,经粘流态、凝胶态、玻璃态后成型固化,在内脱模剂的作用下,复合材料由牵引装置拉出脱模成型;

其中前段固化模具第一加热区间温度为  $120 \sim 230^\circ\text{C}$ ;第二加热区间温度为  $130 \sim 230^\circ\text{C}$ ;第三加热区间温度为  $140 \sim 230^\circ\text{C}$ ;

树脂基复合材料后固化成型采用至少一段连续加热装置,加热区间的温度为  $170 \sim 220^\circ\text{C}$ ;

其中牵引速度不低于  $0.3\text{m}/\text{min}$ ;

4) 由收线机进行制品收卷。

## 一种纤维增强树脂基复合材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于含有增强材料、填料或预成型件的塑性材料领域,具体涉及一种用于电网输电线路导线的纤维增强树脂基复合材料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 钢芯铝绞线为单层或多层铝股线绞合在镀锌钢芯线外的加强型导线,广泛应用于各种电压等级的架空输配电线路中。然而,随着电网技术的不断革新,一种新型碳纤维复合芯导线研制成功,碳纤维复合芯代替原有电缆的钢芯制作导线的芯材,具有重量轻、强度高、热稳定性好、弛度低、载流量大及耐腐蚀等优点。解决电力线路输送容量提高的同时又能充分利用已有铁塔,尽量避免了线路走廊用地增加这一技术难题,对老旧线路的增容改造和土地资源紧张地区的线路重建具有重要意义。

[0003] 国外关于复合材料的研制包括,日本于 20 世纪 90 年代开发了复合材料合成芯导线,产品分为碳纤维芯铝绞线和耐热碳纤维芯耐热铝合金绞线两种。复合材料的质量是常规钢芯的 1/5,线膨胀系数约为钢芯的 1/12。试验证明,新型复合材料芯导线的抗拉强度大幅提高,常温下的拉伸曲线特性呈现弹性体特性,即材料断裂时没有塑性变形,断后延伸率约为 1.6%,塑性不如钢芯导线。

[0004] 美国的 CTC 公司于 2003 年推出碳纤维复合材料铝绞线,其复合芯是以碳纤维为中心层和玻璃纤维包覆制成的单根芯棒,将碳纤维与玻璃纤维进行预拉伸后,在环氧树脂中浸渍,然后在高温模具中固化成型为复合芯。复合芯外层与邻外层为梯形截面铝线股。此复合芯与传统导线相比具有重量轻、强度大、低线损、弛度小等优点,但其成本较高、韧性较差,成型工艺较难控制,制品质量容易存在内部缺陷等不足,存在断线隐患。

[0005] 本发明人于 2009 年提出的申请号为 CN200910237469.6,发明名称为“一种适用于输电线路扩容导线的树脂基复合材料及其制备工艺”的发明专利申请;2011 年提出申请号为 201110380721.6,发明名称为“一种用于电网输电线路的复合芯及其制备方法”的发明专利申请。发明提供了一种用于电网输电线路导线的复合芯及其制备方法,所述复合芯具有高强度、高韧性、高玻璃化转变温度及表面光洁。复合芯玻璃化转变温度不低于 190℃。复合芯韧性显著提高,降低了复合芯在生产、运输及挂线施工过程中因脆性因素造成的断裂及开裂几率。

[0006] 纤维增强树脂基复合材料的抗拉强度可以很好的得到保证,但由于复合芯的成本较高、两层结构(碳纤维和玻璃纤维)容易存在内部缺陷。因此,如何在保证复合材料综合力学性能的同时,有效降低复合芯的成本、改善内部结构的均一性,降低安全隐患是急需解决的问题。

### 发明内容

[0007] 本发明目的在于提供一种用于电网输电线路导线的纤维增强树脂基复合材料及其制备方法,复合材料在保证力学性能的前提下,解决了普通复合芯制备成本过高的问题,

且能有效缓解复合材料在生产、运输及挂线施工过程中因脆性因素造成的断裂及开裂几率,复合材料结构均一,解决了分层的内部缺陷。

[0008] 为实现上述发明目的,本发明采取的技术方案为:

[0009] 一种纤维增强树脂基复合材料,所述复合材料由树脂材料和纤维增强材料制成,按体积分数计:所述树脂材料为 20-50%,纤维增强材料为 50-80%;其改进之处在于按体积分数计:

[0010] 所述树脂材料包括:热固性树脂 100 份、固化剂 50-200 份、促进剂 1-20 份、脱模剂 1-20 份、填料 1-10 份;

[0011] 所述纤维增强材料为拉伸强度 $\geq 3500$ MPa 的玻璃纤维。

[0012] 本发明的第一优选技术方案为:所述热固性树脂为任意选自双酚 A 型环氧树脂、双酚 F 型环氧树脂、多酚型缩水甘油醚环氧树脂、聚乙二醇二缩水甘油醚环氧树脂、聚丙二醇二缩水甘油醚环氧树脂、1,4-丁二醇二缩水甘油醚环氧树脂、邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、间苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、六氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、4,4'-二氨基二苯甲烷环氧树脂、对氨基苯酚环氧树脂、三聚氰胺环氧树脂、芳香族聚醚缩水甘油醚环氧树脂、芳香族超支化聚酯型环氧树脂、聚酰亚胺、丁二烯树脂或聚氨酯中的一种或几种。

[0013] 本发明的第二优选技术方案为:所述固化剂任意选自邻苯二甲酸酐、四氢邻苯二甲酸酐、六氢邻苯二甲酸酐、甲基四氢邻苯二甲酸酐、甲基六氢邻苯二甲酸酐、均苯四甲酸酐、苯酮四酸二酐、甲基环己烯四酸二酐、二苯醚四酸二酐、乙二胺、二亚乙基三胺、三亚乙基四胺、四亚乙基五胺、己二胺或间苯二甲胺中的一种或几种。

[0014] 本发明的第三优选技术方案为:所述促进剂是选自 2-乙基-4-甲基咪唑、N,N-二甲基苄胺,CT-152x, DBU 或三乙醇胺中的一种或几种。

[0015] 本发明的第四优选技术方案为:所述脱模剂是选自硬脂酸锌、硬脂酸或二甲基硅油中的一种或几种。

[0016] 本发明的第五优选技术方案为:所述填料是选自纳米蒙脱土、硅藻土、纳米碳纤维、纳米 TiO<sub>2</sub>、纳米 SiO<sub>2</sub>、BaTiO<sub>3</sub> 或纳米 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 中的一种或几种。

[0017] 一种制备纤维增强树脂基复合材料的方法,其改进之处在于所述方法步骤如下:

[0018] 1) 开卷纱束:

[0019] 即纤维增强材料在牵引机的拉力下,经 100 ~ 200℃ 干燥预处理 1-2 分钟,经过导向辊和集束栅板、集纱辊后,进入浸渍胶槽,浸透树脂材料胶液不少于 0.5min;

[0020] 其中浸渍胶槽温度为 40℃ ~ 80℃;

[0021] 2) 经树脂材料胶液浸润的纤维增强材料,通过具有一定界面形状的预成型模具,排出多余的树脂和气泡,进行预成型;

[0022] 其中预成型模内的温度为 50℃ ~ 120℃;

[0023] 3) 固化成型:

[0024] 复合材料的树脂胶液在前段固化模具内逐步升温,经粘流态、凝胶态、玻璃态后成型固化,在内脱模剂的作用下,复合材料由牵引装置拉出脱模成型;

[0025] 其中前段固化模具第一加热区间温度为 120-230℃;第二加热区间温度为 130 ~ 230℃;第三加热区间温度为 140 ~ 230℃;

[0026] 树脂基复合材料后固化成型采用至少一段连续加热装置,加热区间的温度为 170 ~ 220℃ ;

[0027] 其中牵引速度不低于 0.3m/min ;

[0028] 4) 由收线机进行制品收卷。

[0029] 由于采用了上述技术方案,与现有技术相比,本发明的有益效果包括 :

[0030] 1) 复合材料成本显著降低

[0031] 按照本发明所述制备材料及制备工艺得到的复合材料,由玻璃纤维彻底替代价格昂贵的碳纤维,成本和普通复合芯相比,成本降低至少 30% 以上 ;

[0032] 2) 复合材料韧性显著提高

[0033] 和普通复合材料相比,复合材料在保证其他性能的前提下,韧性提高 20 ~ 60% ;

[0034] 复合材料纤维含量  $V_f = 50 \sim 80\%$ ,复合材料拉伸强度高于 1800MPa,复合材料玻璃化转变温度不低于 160℃,按照国家电网公司企业标准 Q/GDW388-2009 卷绕性能进行测试,卷绕性能由 55D、2 圈、不开裂,提高到 25 ~ 45D、2 圈、不开裂,大幅降低了碳纤维复合材料在生产、运输及挂线施工过程中因脆性因素造成的断裂及开裂几率 ;

[0035] 3) 复合材料内部结构更加均一,不存在分层现象

[0036] 由于复合材料采用玻璃纤维增强树脂基制备,内部结构更加均一,避免了因碳纤维和玻璃纤维共同存在照成的局部分层现象,降低了复合材料内部缺陷的产生,提高了输电线路安全可靠 ;

[0037] 4) 采用 DMA 测试方法,复合材料玻璃化转变温度高于 160℃ ;

[0038] 5) 制备方法更加简单

[0039] 本发明的制备方法对具体的参数 :牵引速度、固化温度和加热区长度等进行合理设计,使得制备方法更加简单。

## 附图说明

[0040] 下面结合附图对本发明进一步说明。

[0041] 图 1 是复合材料制备流程图。

## 具体实施方式

[0042] 下面结合实例对本发明进行详细的说明。

[0043] 本发明公开了电网输电线路导线用纤维增强树脂基复合材料配方及制备工艺,复合材料具有结构均一、绝缘性好、韧性优异、强度较高、高玻璃化转变温度高、成本低及表面光洁等特征。本发明在保持复合芯优异综合性能的同时,降低成本至少 30%,韧性提高 20% -60%,进一步降低了复合芯在生产、运输及挂线施工过程中因脆性因素造成的断裂及开裂几率。

[0044] 本发明所述的纤维增强树脂基复合材料配方为 :复合材料用材料由树脂材料和纤维增强材料制成,按体积分数计 :树脂材料为 20% -50%,纤维增强材料为 50-80%。

[0045] 树脂材料包括 :热固性树脂 100 份、固化剂 50-150 份、促进剂 1-20 份、脱模剂 1-20 份、填料 1-10 份。

[0046] 纤维增强材料为强度  $\geq 3500\text{MPa}$  的玻璃纤维。

[0047] 热固性树脂是指在加热、加压下或在固化剂、紫外光作用下,进行化学反应,交联固化成为不溶不熔物质的一大类合成树脂,热固性树脂在固化后,由于分子间交联,形成网状结构,因此刚性大、硬度高、耐高温、不易燃、制品尺寸稳定性好。本发明热固性树脂包括:双酚 A 型环氧树脂、双酚 F 型环氧树脂、多酚型缩水甘油醚环氧树脂、聚乙二醇二缩水甘油醚环氧树脂、聚丙二醇二缩水甘油醚环氧树脂、1,4-丁二醇二缩水甘油醚环氧树脂、邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、间苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、六氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂、4,4'-二氨基二苯甲烷环氧树脂、对氨基苯酚环氧树脂、三聚氰胺环氧树脂、芳香族聚醚缩水甘油醚环氧树脂、芳香族超支化聚酯型环氧树脂、聚酰亚胺、丁二烯树脂或聚氨酯中的一种或几种。

[0048] 增强材料主要用于增加热固性树脂的韧性和强度,本发明的增强材料选用强度 $\geq 3500\text{MPa}$ 的玻璃纤维。

[0049] 本发明中的固化剂是任意选自邻苯二甲酸酐、四氢邻苯二甲酸酐、六氢邻苯二甲酸酐、甲基四氢邻苯二甲酸酐、甲基六氢邻苯二甲酸酐、均苯四甲酸酐、苯酮四酸二酐、甲基环己烯四酸二酐、二苯醚四酸二酐、乙二胺、二亚乙基三胺、三亚乙基四胺、四亚乙基五胺、己二胺或间苯二甲胺中的一种或几种。

[0050] 本发明中的促进剂是任意选自胺类、苯酚类或咪唑类中的一种或几种,本申请中促进剂可以选用 2-乙基-4-甲基咪唑、BDMA, CT-152x, DBU 或三乙醇胺中的一种或几种。促进剂主要作为树脂的补强固化剂,提高复合材料制品的成型速度,改善复合材料综合性能。

[0051] 本发明中的脱模剂是任意选自硬脂酸锌、硬脂酸或二甲基硅油中的一种或几种。

[0052] 本发明中的填料是任意选自硅藻土、纳米蒙脱土、纳米碳纤维、纳米  $\text{TiO}_2$ 、纳米  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{BaTiO}_3$  或纳米  $\text{Al}_2\text{O}_3$  中的一种或几种。填料的加入,使得本发明复合材料韧性得到较大改善,从而降低复合芯在生产、运输及挂线施工过程中因脆性因素造成开裂及断裂几率。

[0053] 实施例 1

[0054] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺所涉及的玻璃纤维,按照如下选取:种类选取高强玻纤,拉伸强度  $4200\text{MPa}$ 。

[0055] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料,按照如下配比:热固性树脂(四氢邻苯二甲酸二缩水甘油酯环氧树脂)100份、固化剂(甲基六氢邻苯二甲酸酐)180份、促进剂(2-乙基-4-甲基咪唑)8份、填料(纳米  $\text{TiO}_2$ )2份、脱模剂(硬脂酸锌)3份。

[0056] 制备步骤如下:

[0057] 1) 开卷纱束即纤维增强材料在牵引机的拉力下,经  $100 \sim 200^\circ\text{C}$  干燥预处理 1-2 分钟,经过导向辊和集束栅板、集纱辊后,进入浸渍胶槽,浸透树脂材料的胶液不少于 0.5min;

[0058] 其中浸渍胶槽温度定为  $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ ;

[0059] 2) 经树脂材料胶液浸润的纤维增强材料,通过具有一定界面形状的预成型模具,排出多余的树脂和气泡,进行预成型;

[0060] 其中预成型模内的温度为  $50^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$ ;

[0061] 3) 固化成型;

[0062] 复合材料的树脂胶液在前段固化模具内逐步升温,经粘流态、凝胶态、玻璃态后成

型固化,在内脱模剂的作用下,复合材料由牵引装置拉出脱模成型;

[0063] 其中前段固化模具第一加热区间温度为 120-230℃;第二加热区间温度为 130 ~ 230℃;第三加热区间温度为 140 ~ 230℃;

[0064] 树脂基复合材料后固化成型采用至少一段连续加热装置,加热区间的温度为 170 ~ 220℃;

[0065] 其中牵引速度不低于 0.3m/min;

[0066] 4) 由收线机进行制品收卷。

[0067] 其中各步骤的参数选取如下:

[0068] 干燥温度为 100℃,干燥时间为 2 分钟;浸渍胶槽的温度恒定为 50℃,浸透时间为 10 分钟;

[0069] 经树脂浸润的碳纤维在模具前段预成型模内的温度为 90℃;

[0070] 固化成型过程,前段固化模具,对应的第一加热区间为 180℃;第二加热区间为 190℃;第三加热区间为 180℃;

[0071] 后固化成型,采用三段连续加热方式,加热区间的温度均为 210℃;

[0072] 其中,牵引速度设为 0.5m/min。

[0073] 按照上述电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺得到的样品经检测,复合材料成本降低 30%,卷绕性能为 35D、2 圈、不开裂复合芯韧性提高 35%,玻璃化转变温度为 192℃,拉伸强度 2100MPa。

[0074] 实施例 2

[0075] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料,按照如下选取:种类选取高强玻纤,拉伸强度拉伸强度 4500MPa。

[0076] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料的树脂配方,按照如下配比:树脂(1,4-丁二醇二缩水甘油醚环氧树脂)100 份、固化剂(邻苯二甲酸酐)50 份、促进剂(N,N-二甲基苄胺)1 份、填料(纳米 SiO<sub>2</sub>)1 份、脱模剂(硬脂酸)1 份。

[0077] 复合材料的制备步骤同实施例 1,具体参数如下:

[0078] 干燥温度为 200℃,干燥时间为 1 分钟;胶槽的温度恒定为 40℃,浸透时间为 20 分钟;

[0079] 经树脂浸润的碳纤维在模具前段预热区的温度为 50℃。

[0080] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺对应的前段固化模具,对应的第一加热区间为 120℃;第二加热区间为 130℃;第三加热区间为 230℃;

[0081] 后固化成型,采用三段连续加热方式,加热区间的温度均为 220℃;

[0082] 牵引速度设为 0.6m/min。

[0083] 按照上述电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺制备得到的样品经检测,复合材料成本降低 32%,卷绕性能为 30D、2 圈、不开裂复合芯韧性提高 45%,玻璃化转变温度为 198℃,拉伸强度 2100MPa。

[0084] 实施例 3

[0085] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺所涉及的玻璃纤维,按照如下选取:种类选取高强玻纤,拉伸强度 4100MPa。

[0086] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料,按照如下配比:树脂



(三聚氰胺环氧树脂)100份、固化剂(六氢邻苯二甲酸酐)200份、促进剂(2-乙基-4-甲基咪唑)20份、填料( $\text{BaTiO}_3$ )10份、脱模剂(聚二甲基硅氧烷)20份。

[0087] 复合材料的制备步骤同实施例1,具体参数如下:

[0088] 干燥温度为 $200^\circ\text{C}$ ,干燥时间为1分钟;胶槽的温度恒定为 $80^\circ\text{C}$ ,浸透时间为5分钟;经树脂浸润的碳纤维在模具前段预热区的温度为 $120^\circ\text{C}$ 。

[0089] 本发明所述的电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺对应的前段固化模具,对应的第一加热区间为 $230^\circ\text{C}$ ;第二加热区间为 $230^\circ\text{C}$ ;第三加热区间为 $140^\circ\text{C}$ ;牵引速度设为 $0.55\text{m}/\text{min}$ 。

[0090] 按照上述电网输电线路用纤维增强树脂基复合材料制备工艺制备得到的样品经检测,复合材料成本降低31%,卷绕性能为38D、2圈、不开裂复合芯韧性提高42%,玻璃化转变温度为 $196^\circ\text{C}$ ,拉伸强度 $2100\text{MPa}$ 。

[0091] 此处已经根据特定的示例性实施例对本发明进行了描述。对本领域的技术人员来说在不脱离本发明的范围下进行适当的替换或修改将是显而易见的。示例性的实施例仅仅是例证性的,而不是对本发明的范围的限制,本发明的范围由所附的权利要求定义。

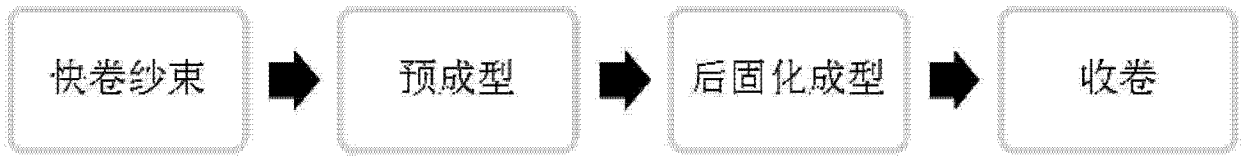


图 1