



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119994092 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 13

(21) 申请号 202510117503.5

B30B 15/30 (2006.01)

(22) 申请日 2025.01.24

B30B 15/34 (2006.01)

(71) 申请人 大连融科储能技术发展有限公司
地址 116023 辽宁省大连市高新技术产业
园区信达街22号

(72) 发明人 刘振 冯伟 初翰林 倪胜蓝
吴静波 王世宇

(74) 专利代理机构 大连智高专利事务所(特殊
普通合伙) 21235
专利代理师 季婉

(51) Int. Cl.

H01M 8/0226 (2016.01)

H01M 8/0213 (2016.01)

G01B 32/225 (2017.01)

B30B 11/22 (2006.01)

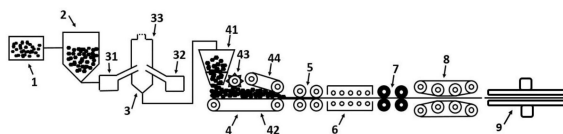
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种高导电石墨双极板及其制备方法

(57) 摘要

本发明属于电池储能技术领域,公开了一种高导电石墨双极板及其制备方法,高纯鳞片石墨经过无硫化插层、高温膨化和净化得到膨胀石墨;对膨胀石墨、石墨烯和树脂粉末施加异种电荷,利用对流式气体混合机均匀混合;通过差速化皮带组合辊挤压形成低密度坯料;后冷对辊压延获得中等密度坯料;通过热通道加热、热对辊压延方式获得高密度坯料;利用热钢带辊对高密度坯料完成初定型,经切边和长度分切后,采用水冷加压平台实现产品最终定型。本发明所制备的双极板具有良好的力学特性和导电性,可有效提升液流电池电堆结构强度,减少电堆欧姆极化损失,满足高电密操作工况要求。产品兼具质量均一性好、生产效率高和制造能耗低等突出优势,成本优势明显。



1. 一种高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,包含如下步骤:

S1. 膨胀石墨加工:利用插层剂对高纯鳞片石墨进行插层处理得到可膨胀石墨,后经过高温膨化和净化得到膨胀石墨;

S2. 混料:利用对流式气体混合机完成膨胀石墨、石墨烯和树脂粉末均匀混合;

S3. 低密度坯料轧制:将混合好的物料通过下料箱投放置布料机中皮带组合辊下辊表面,后通过平料辊和上皮带辊共同作用,形成低密度坯料;

S4. 中等密度坯料轧制:采用冷对辊压延方式,对低密度坯料完成初步压延,获得中等密度坯料;

S5. 高密度坯料轧制:将中等密度坯料通过热通道加热,后采用热对辊压延,获得高密度坯料;

S6. 产品定型:利用热钢带辊完成热对辊压延后所得高密度坯料初定型,经过切边和长度分切后,采用水冷加压平台实现产品最终定型。

2. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所述步骤S1中插层剂包括活化剂和有机酸;所述活化剂包含酸液和氧化剂,其中,酸液为硝酸、磷酸、高氯酸中的一种,氧化剂为双氧水、高锰酸钾中的一种;所述有机酸为甲酸、乙酸、乙酸酐、丙酸、草酸、柠檬酸、衣康酸中的一种或混合液;鳞片石墨、活化剂和有机酸质量占比为1:0.6~1.2:1.0~1.5,其中,活化剂中酸液和氧化剂质量占比为1:0.4~1.0。

3. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所述步骤S1中鳞片石墨纯度为98~99.9%;所述膨化温度为300~650°C,膨化倍率为100~350倍;净化所用设备为气流离心分离器,用以去除膨胀石墨中固体杂质。

4. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所述步骤S2中对流式气体混合机配置有静电发生器,可分别对膨胀石墨和石墨烯与树脂混合物施加不同电荷;对流气体混合机中气流压力为0.1~1.2MPa。

5. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所属步骤S2中膨胀石墨为膨胀倍数介于100~350倍之间,尺寸介于30~120目之间的混合物,重量占比为75~90%;石墨烯粒径尺寸为5~50 μm ,重量占比为1~5%;树脂为聚偏二氟乙烯、马来酸酐修饰聚丙烯、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、聚苯硫醚、热塑性酚醛树脂和聚氯三氟乙烯中的一种,粒径为5~30 μm ,重量占比为8~20%;聚偏二氟乙烯、马来酸酐修饰聚丙烯、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、聚苯硫醚、热塑性酚醛树脂和聚氯三氟乙烯原料熔融指数应高于10g/10min。

6. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所述步骤S3中混合好的物料经过平料辊后高度控制在50~100mm范围内,布料机上下皮带辊辊速为1~3m/min,经过上下皮带辊挤压后形成的低密度坯料高度为10~50mm,密度为0.08~0.15g/cm³;布料机上皮带辊辊速高于下皮带辊辊速,二者差值为0.1~0.3m/min;布料机上下皮带辊挤压压力为1~5MPa。

7. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所述步骤S4中冷对辊辊径为400~600mm,辊速均为1~3m/min,辊轧压力为1~10MPa,中等密度坯料高度为2~8mm,密度为0.2~1.0g/cm³。

8. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法,其特征是,所述步骤S5中热通道温度为100~260°C,热对辊辊温为120~300°C,热对辊辊径为500~700mm,辊速均为1~

3m/min, 辊轧压力为1~10MPa, 高等密度坯料厚度为0.6~1.0mm, 密度为1.6~1.8g/cm³。

9. 根据权利要求1所述的高导电石墨双极板的制备方法, 其特征是, 所述步骤S6中热钢带辊温为150~350°C, 辊速均为1~3m/min, 辊轧压力为8~15MPa; 水冷加压平台温度低于30°C, 加压压力为10~25MPa, 加压冷却时间为10~30s; 定型后得到厚度为0.6~1.0mm, 密度为1.6~1.8g/cm³的成品石墨双极板。

10. 一种高导电石墨双极板, 其特征是, 按照权利要求1-9任意一项权利要求所述的制备方法制备而成。

一种高导电石墨双极板及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池储能技术领域,具体涉及一种高导电石墨双极板及其制备方法。

背景技术

[0002] 双极板作为液流电池核心组件之一,在支撑液流电池整体框架结构、阻隔电解液的同时,为电子提供了良好的传播路径,因此,双极板需具有良好的力学特性,还应兼顾优良的阻气性、导电性和耐腐蚀性。

[0003] 当今,以膨胀石墨为核心导电材料所制成的柔性石墨双极板在市场化应用占比中具有较高地位,在柔性石墨双极板成型过程中,膨胀石墨颗粒除自身受压咬合勾连外,还需引入树脂粘结剂实现膨胀石墨颗粒稳固结合,以获得单极板自身良好的机械强度和耐腐蚀特性。当前,柔性石墨双极板制备方法主要包括浸渗法、湿混法、多层复合法和干混发。前两种方法存在污染严重和效率低等缺点,多层复合法制备的产品导电性偏差,干混法可有效避免上述缺点。

[0004] 专利CN 111261893 A中提出了一种液流电池用高导电柔性石墨双极板制造方法,利用高装载系数混合机将膨胀石墨粉与PVDF粉混合均匀,后真空热压或辊压成高密度双极板成品。该方法无溶剂参与,易实施,但在此种方法实施过程中,膨胀石墨颗粒和PVDF混合均匀度有限,同时对膨胀石墨自身结构破坏性较强,致使双极板结构强度和导电性均受影响。

[0005] 专利CN 117254053 A中提出了一种高导电石墨双极板制造方法,通过在混合管道内利用高压气流对膨胀石墨和氟塑料微粉颗粒混合,后经挤压、压延、热压工序得到成石墨双极板,此种高压气流混料策略受混合容器限制严重,对大容量、高装载设备,无法实现短时间内高度均匀混合,且难以保证连续化作业产品质量均一性,同时热压工序效率低下,制约批量化生产效率。

[0006] 此外,随着市场化大幅推进和应用端对液流电池电堆体积比功率密度需求的日益提升,对柔性石墨双极板品控质量均一性和导电性均提出了更高要求。因此,开发高导电、低成本、高均一性柔性石墨双极板成型方案具有重要商业价值。

发明内容

[0007] 为解决上述问题,本发明提供一种高导电石墨双极板及其制备方法,解决现有液流电池用石墨双极板导电性差、产品均一性不稳定和生产效率低等问题。

[0008] 本发明采用如下技术手段以实现发明目的:

[0009] 一种高导电石墨双极板的制备方法,包含如下步骤:

[0010] S1. 膨胀石墨加工:利用插层剂对高纯鳞片石墨进行插层处理得到可膨胀石墨,后经过高温膨化和净化得到膨胀石墨;

[0011] S2. 混料:利用对流式气体混合机完成膨胀石墨、石墨烯和树脂粉末均匀混合;

[0012] S3. 低密度坯料轧制:将混合好的物料通过下料箱投放置布料机中皮带组合辊下

辊表面,后通过平料辊和上皮带辊共同作用,形成低密度坯料;

[0013] S4.中等密度坯料轧制:采用冷对辊压延方式,对低密度坯料完成初步压延,获得中等密度坯料;

[0014] S5.高密度坯料轧制:将中等密度坯料通过热通道加热,后采用热对辊压延,获得高密度坯料;

[0015] S6.产品定型:利用热钢带辊完成热对辊压延后所得高密度坯料初定型,经过切边和长度分切后,采用水冷加压平台实现产品最终定型。

[0016] 优选的,所述步骤S1中插层剂包括活化剂和有机酸。

[0017] 进一步地,所述活化剂包含酸液和氧化剂,其中,酸液为硝酸、磷酸、高氯酸中的一种,氧化剂为双氧水、高锰酸钾中的一种;所述有机酸为甲酸、乙酸、乙酸酐、丙酸、草酸、柠檬酸、衣康酸中的一种或混合液。

[0018] 进一步地,所述膨胀石墨加工过程中,鳞片石墨、活化剂和有机酸质量占比为1:0.6~1.2:1.0~1.5,其中,活化剂中酸液和氧化剂质量占比为1:0.4~1.0。

[0019] 优选的,所述步骤S1中鳞片石墨纯度为98~99.9%;所述膨化温度为300~650℃,膨化倍率为100~350倍。

[0020] 优选的,所述步骤S1中净化设备为气流离心分离器,用以去除膨胀石墨中固体杂质。

[0021] 优选的,所述步骤S2中对流式气体混合机配置有静电发生器,可分别对膨胀石墨和石墨烯与树脂混合物施加不同电荷;对流气体混合机中气流压力为0.1~1.2MPa。

[0022] 优选的,所属步骤S2中膨胀石墨为膨胀倍数介于100~350倍之间,尺寸介于30~120目之间的混合物,重量占比为75~90%;石墨烯粒径尺寸为5~50 μm ,重量占比为1~5%;树脂为聚偏二氟乙烯、马来酸酐修饰聚丙烯、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、聚苯硫醚、热塑性酚醛树脂和聚氯乙烯中的一种,粒径为5~30 μm ,重量占比为8~20%。

[0023] 进一步地,所述步骤S2中,聚偏二氟乙烯、马来酸酐修饰聚丙烯、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、聚苯硫醚、热塑性酚醛树脂和聚氯乙烯原料熔融指数应高于10g/10min。

[0024] 优选的,所述步骤S3中混合好的物料经过平料辊后高度控制在50~100mm范围内,布料机上下皮带辊辊速为1~3m/min,经过上下皮带辊挤压后形成的低密度坯料高度为10~50mm,密度为0.08~0.15g/cm³。

[0025] 进一步地,所述步骤S3中布料机上皮带辊辊速略高于下皮带辊辊速,二者差值为0.1~0.3m/min。

[0026] 进一步地,所述步骤S3中布料机上下皮带辊挤压压力为1~5MPa。

[0027] 优选的,所述步骤S4中冷对辊辊径为400~600mm,辊速均为1~3m/min,辊轧压力为1~10MPa,中等密度坯料高度为2~8mm,密度为0.2~1.0g/cm³。

[0028] 优选的,所述步骤S5中热通道温度为100~260℃,热对辊辊温为120~300℃,热对辊辊径为500~700mm,辊速均为1~3m/min,辊轧压力为1~10MPa,高等密度坯料厚度为0.6~1.0mm,密度为1.6~1.8g/cm³。

[0029] 优选的,所述步骤S6中热钢带辊辊温为150~350℃,辊速均为1~3m/min,辊轧压力为8~15MPa;水冷加压平台温度低于30℃,加压压力为10~25MPa,加压冷却时间为10~30s。定型后得到厚度为0.6~1.0mm,密度为1.6~1.8g/cm³的成品石墨双极板。

[0030] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0031] 1、一种高导电石墨双极板及其制备方法,使用非含硫插层剂进行膨胀石墨制备可有效减少环境污染,膨胀石墨膨胀均一性更好,固体杂质含量大幅下降,提升品控水平。同时,此种膨化策略对石墨自身晶相结构破坏程度低,所制备的双极板具有更好的导电性和力学特性。

[0032] 2、对流式气体混合机的使用可以克服物料间密度和粒径尺寸差异性,无液体污染,且对原料无物理性结构破坏行为,即起即停,混合均匀度一致性不受混合容器限制,更有利于大批量连续化作业施工。采用预先给膨胀石墨和小粒径石墨烯与树脂混合物施加不同电荷策略,能够防止原料自聚,诱使石墨烯和树脂进入膨胀石墨层间结构内部,进一步提升物料混合均匀性。

[0033] 3、常规上下皮带辊为同速,本发明中差速化皮带辊挤压成型工艺能够提升膨胀石墨颗粒空间排布取向规整性,实现石墨颗粒长程有序排布,配合后段热通道和热辊压排气处理,能够有效降低双极板坯料在成型过程中回弹现象,提升产品内部石墨连续化程度和表面平整度。同时,热辊压工序能够提升膨胀石墨自身以及树脂与石墨成分间结合效果,产品具有更好的导电性能和机械强度。

[0034] 4、利用热钢带辊和加压速冷定型策略,能够消除在冷却过程中因树脂分子取向变化和部分结晶化引起双极板内部应力变化,继而导致极板平面度降低和厚度不均缺陷产生,工序时间短,能耗低,可连续化作业,大幅提升生产效率和产品质量一致性。

附图说明

[0035] 图1是高导电石墨双极板制备工艺流程示意图。

[0036] 其中:1.膨化炉;2.气流离心分离器;3.对流式气体混合机;31.正电荷储料箱;32.负电荷储料箱;33.混合罐体;4.布料机;41.下料箱;42.下皮带辊;43.平料辊;44.上皮带辊;5.冷对辊;6.热通道;7.热对辊;8.热钢带辊;9.水冷加压平台。

具体实施方式

[0037] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例,对本发明的技术方案作进一步清楚、完整地描述。如无特殊说明,本发明所采用的实验方法均为常规方法,所用实验器材、材料、试剂等均可从商业途径获得。

[0038] 插层处理指的是把插层剂(酸液和氧化剂)喷淋或浸泡至鳞片石墨结构内部,是膨胀石墨制备工序中的一个。

[0039] 实施例1-10

[0040] 本发明提供了一种高导电石墨双极板及其制备方法,具体工艺步骤如下:

[0041] S1.膨胀石墨加工:选取纯度为98~99.9%的鳞片石墨与插层剂混合,制备可膨胀石墨,后在膨化炉1中经过高温膨化和气流离心分离器2净化制得膨胀石墨原材料。

[0042] 插层剂包含活化剂和有机酸,活化剂为酸液和氧化剂混合液,酸液为硝酸、磷酸、高氯酸中的一种,氧化剂为双氧水、高锰酸钾中的一种;有机酸为甲酸、乙酸、乙酸酐、丙酸、草酸、柠檬酸、衣康酸中的一种及混合液。在本实施例中,酸液为硝酸,氧化剂为双氧水,有机酸为草酸。

[0043] 所述膨胀石墨加工过程中,鳞片石墨、活化剂和有机酸质量占比为1:0.6~1.2:1.0~1.5,其中,活化剂中酸液和氧化剂质量占比为1:0.4~1.0。在本实施例中,制备膨胀石墨所需的各种化学成分质量占比为鳞片石墨:活化剂:草酸=1:0.8:1.2,其中,活化剂中硝酸与双氧水质量占比为1:0.8。

[0044] 膨化温度和膨化倍率取决于插层剂种类和用量,膨化温度为300~650°C,膨化倍率为100~350倍。在本实施例中,膨化温度为550°C,膨胀倍率为180倍。

[0045] S2.混料:选取膨胀倍率介于100~350倍之间,目数介于30~120目之间的膨胀石墨混合物作为主体炭材料,在本实施例中,优选为50、80和100目三种目数,膨胀倍率为180倍,整体重量占比为75~90%,在对流式气体混合机3的一侧正电荷储料箱31内利用静电发生器对其施加正电荷。优选粒径尺寸介于10~30 μm 的石墨烯作为第二导电炭材料,重量占比为1~5%。选取流动性好、耐腐蚀性强的树脂粉末作为双极板结构强化剂,包括聚偏二氟乙烯、马来酸酐修饰聚丙烯、乙烯-三氟氯乙烯共聚物、聚苯硫醚、热塑性酚醛树脂和聚氯三氟乙烯中的一种,粒径优选为8~20 μm ,重量占比为8~20%。同时,为确保树脂对石墨材料具有更强的粘结效果和加工可行性,树脂熔融指数应高于10g/10min。将石墨烯与树脂粉末混合后放入对流式气体混合机3的另一侧负电荷储料箱32内,并利用静电发生器对其施加与膨胀石墨相反的负电荷。利用高压气体对带有异种电荷的膨胀石墨混合物和石墨烯与树脂混合物原料进行对冲出料,并在混合罐体33内进行充分混合,在本实施例中,膨胀石墨混合物侧气流压力为0.4MPa,石墨烯与树脂混合物侧气流压力为0.7MPa。对原料所采取施加电荷预处理策略能够有效防止原料自聚,诱使小粒径原料更好进入膨胀石墨插层间隙内部,同时对流式气体混合方式对膨胀石墨原料无物理性破坏,确保后续成型过程中结构完整性。此种原料混合策略还具有即起即停,混合效果不受容器体积限制,混合均匀度高以及无液体后处理等优势,更有利于批量化连续生产作业。

[0046] S3.低密度坯料轧制:将上述混合好的物料通过下料箱41投放置布料机4的皮带组合辊下的皮带辊42表面,随着皮带传送,传送速度为1.2m/min,物料首先经过平料辊43整平,堆积高度为50~100mm,后经过上下皮带辊挤压后,挤压压力为4MPa,形成高度为10~50mm,密度为0.08~0.15g/cm³的低密度坯料。为提升膨胀石墨颗粒空间排布取向规整性,实现石墨颗粒长程有序排布,配合后段热通道6和热对辊7辊压排气处理,降低双极板坯料在成型过程中回弹现象,提升产品内部石墨连续化程度和表面平整度,布料机4中上下皮带辊采取差异化调速控制手段,上皮带辊44速度略高于下皮带辊42,二者差值为0.12m/min。

[0047] S4.中等密度坯料轧制:经过皮带辊挤压后所形成的低密度坯料内部膨胀石墨初具定向排布特征,且具有一定交联性,此时,通过可冷辊压延方式进一步增加坯料密度,促进膨胀石墨、石墨烯和树脂颗粒空间定型,以防在后续加热工序中,局部发生团聚缺陷。在冷对辊压延工序中,压延辊将对坯料提供一个水平方向的剪切力和一个垂直方向的下压力,过小的辊径、过高的辊速和过大的辊轧力将引起膨胀石墨承受剪切力过高,继而导致膨胀石墨连续性结构倍破坏,甚至产生龟裂缺陷。在本实施例中,冷对辊5辊径为400~600mm,辊速为1~3m/min,辊轧压力为1~10MPa,优选为,辊径尺寸为450mm,辊速为2m/min,辊轧压力为7MPa,所制得的中等密度坯料高度为2~8mm,密度为0.2~1.0g/cm³。

[0048] S5.高密度坯料轧制:将冷对辊5辊轧工序获得的中等密度坯料首先通过热通道6加热,以提升坯料内部气体挥发速率,同时软化内部树脂颗粒,以利于后续热对辊7轧制成

型。为防止树脂颗粒受热引起团聚现象,热通道6加热温度应略低于树脂玻璃化转换温度,结合本发明中所采用的树脂类目,在本实施例中热通道6温度设定为100~260℃。经过加热后的坯料可加工性得到大幅提升,此时采用热对辊压延方式可获得表面形貌更好、密度更高、质地更为均一的坯料。在热对辊压延工序中存在膨胀石墨塑性变形、树脂熔融以及空气受挤压排出等多个核心工艺节点,在本实施例中,结合树脂熔融参数和成型工艺要求,热对辊7辊温设定为120~300℃,辊径为500~700mm,辊速均为1~3m/min,辊轧压力为5~18MPa,优选为,辊径尺寸为600mm,辊速均为2m/min,辊轧压力为10MPa,所制得的高密度坯料高度为0.6~1.0mm,密度为1.6~1.8g/cm³。

[0049] S6.产品定型:经过热对辊7轧制所获得高密度坯料在冷却过程中因树脂分子取向变化和部分结晶化将引起双极板内部应力变化,继而导致极板平面度降低和厚度不均缺陷产生,在本实施例中,首先利用热钢带辊8辊轧手段完成产品初步定型,热钢带辊8的辊温为150~350℃,辊速为1~3m/min,辊轧压力为8~20MPa,优选为,辊速为2m/min,辊轧压力为12MPa;经过流水线上切边和长度分切处理后,获得目标尺寸产品。此时,对产品进行加压、快速降温处理,将在极短时间诱使树脂定型,有效防止产品因树脂在冷却硬化过程中次生缺陷产生。其中,水冷加压平台9温度应保持低于30℃,加压压力为10~25MPa,加压冷却时间控制为10~30s,优选为,加压压力为18MPa,时间为15s。经过二次定型后,即可获得厚度为0.6~1.0mm,密度为1.6~1.8g/cm³的成品石墨双极板。

[0050] 对比例A

[0051] 采用市售H₂SO₄作为插层剂制得的膨胀石墨(即含硫膨胀石墨)作为石墨双极板主体材料之一,应用本发明工艺路线制备石墨双极板样品。

[0052] 对比例B

[0053] 为国内某厂家所生产石墨双极板商品,原料为鳞片石墨和聚偏二氟乙烯,成型工艺为热模压成型。

[0054] 实施例1-10及对比例A中所制得的高导电石墨双极板成型工艺参数如表1所示。

[0055] 表1实施例1-10及对比例A中所制得的高导电石墨双极板成型工艺参数

实施 例	膨胀石墨 (wt%)	石 墨 烯 (wt%)	树 脂 (wt%)	热 通 道 温 度 (℃)	热 对 辊 辊 温 (℃)	热 钢 带 辊 温 (℃)
	78%	2%	聚 偏 二 氟 乙 烯,20%	120	145	170
[0056]	84%	1%	聚 偏 二 氟 乙 烯,15%	120	140	160
	81%	3%	马 来 酸 酐 修 饰 聚 丙 烯, 16%	110	140	155
	90%	1%	马 来 酸 酐 修 饰 聚 丙 烯, 9%	110	130	150

[0057]

5	84%	2%	乙烯-三氟氯乙烯共聚物, 14%	180	220	245
6	77%	4%	聚苯硫醚, 19%	240	270	300
7	82%	1%	热塑性酚醛树脂, 17%	120	150	175
8	88%	1%	热塑性酚醛树脂, 11%	120	140	160
9	80%	4%	聚氯三氟乙烯, 16%	160	200	230
10	87%	1%	聚氯三氟乙烯, 12%	160	190	220
对比 例A	78%	2%	聚偏二氟乙烯, 20%	120	145	170

[0058] 实施例1-10及对比例A-B所制备的高导电石墨双极板和对比例样品的各项性能测试结果如表2所示。

[0059] 表2实施例1-10与对比例A-B性能参数对比结果

[0060]

实施例	弯曲强度 (MPa)	拉伸强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)	电导率 (S/cm)
1	34	32	44	313
2	31	29	38	357
3	30	35	39	362
4	25	23	33	424
5	29	30	37	364
6	35	37	45	316
7	32	36	41	355
8	27	28	36	415
9	29	33	40	349
10	26	27	36	409
A	28	25	40	257
B	22	19	32	176

[0061] 由表2对比数据可以发现, 实施例1~10所制备的石墨双极板表现出优异的导电性和力学特性, 其电导率可达到300S/cm及以上, 同时, 还可兼顾良好的弯曲强度、拉伸强度和抗压强度。在性能方面, 相比于含硫插层剂所得样品A, 本发明中所采用非含硫插层剂制得的膨胀石墨具有更佳的晶相结构完整性, 赋予所制备的石墨双极板成本更好的导电性能和

力学特性。相比于对比例B,本发明制备的石墨双极板不仅能够提升液流电池电堆结构强度,延长其使用寿命,同时还可以减少电堆内部欧姆极化损失,满足高电密操作工况要求。在工艺方面,本发明所提出的石墨双极板制备策略,具有产品质量均一性好,生产效率高和能耗低等突出优势,在确保连续化生产过程中产品具有较高良品率的同时,可大幅降低制造成本。

[0062] 以上实施例仅仅是本发明一部分实施例,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,这些都属于本发明的保护范围。

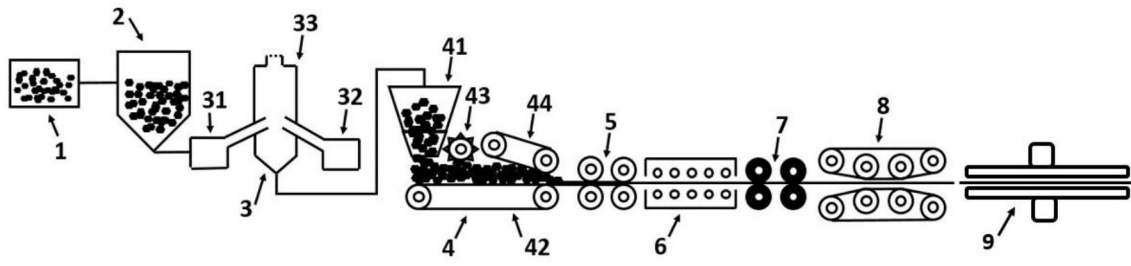


图1