



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110181138 A

(43)申请公布日 2019.08.30

(21)申请号 201910427344.3

(22)申请日 2019.05.22

(71)申请人 中国科学院合肥物质科学研究院  
地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号

(72)发明人 宋云涛 陆坤 韩全 刘辰  
周挺志 黄雄一

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理  
有限公司 34112

代理人 余成俊

(51) Int. Cl.

B23K 1/008(2006.01)

B23K 1/20(2006.01)

B23K 3/08(2006.01)

B23K 101/38(2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺

(57)摘要

本发明公开了大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,包括以下步骤:  
(1)依次对超导缆表面进行去铝甲、运用反电解方法对超导缆表面进行去镍以及对超导缆表面进行刷镀银工艺;(2)在盒式铜接头的内表面铜面上进行刷镀银工艺,然后再在盒式铜接头的内表面安装3层0.1mm厚的Sn63Pb37(熔点为183℃)锡片;(3)安装超导缆进入盒式铜接头,然后再安装盒盖在盒式铜接头上;(4)在盒盖上施加一定的压力,对箱体充保护气体,并加热完成锡焊工艺。本发明降低了超导缆的堵塞率;镀银层均匀;超导缆和盒式铜接头的焊接厚度均匀;首层缆的焊接率高,焊接强度高;操作简单等。



1. 大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺, 其特征在于包括以下步骤:

(1) 取超导缆, 对超导缆表面进行去铝甲, 之后对超导缆表面进行去镍处理, 最后对超导缆表面进行镀银工艺;

(2) 取盒式铜接头, 在盒式铜接头的内表面铜面上进行镀银工艺, 然后再在盒式铜接头的内表面安装2-4层0.05-0.15mm厚的Sn63Pb37 (熔点为183℃) 锡片;

(3) 将处理后的超导缆插入到盒式铜接头内, 然后再将安装盒盖盖在盒式铜接头上形成箱体;

(4) 在安装盒盖上施加一定的压力, 对箱体充保护气体, 完成盒盖与箱体的焊接;

(5) 然后把焊接后的箱体放入真空钎焊炉中, 开始抽真空, 当真空度在 $10^{-2}$ Pa时, 开始加热, 最高温度保持在 $200 \pm 5^\circ\text{C}$ , 约10分钟左右, 完成锡焊工艺。

2. 根据权利要求1所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺, 其特征在于: 步骤(1)中, 超导缆表面去镍处理方法为, 首先在未去铝甲一侧通入干燥的氮气, 使用丙酮对超导缆表面去油, 之后用去离子水清洗, 然后把超导缆慢慢浸入稀释后的磷酸和甘油组成的反电镀溶液中, 所述磷酸和甘油的重量配比分别为10%和5%, 反电镀溶液温度控制在 $45^\circ\text{C}$ 左右, 超导缆一侧连接正极, 反电镀溶液一侧连接负极, 控制电流在150A左右, 当表面电缆的第二层开始出现铜色时停止, 最后再对超导缆进行去离子水清洗, 使用稀释的碳酸钠溶液中和, 使用去离子水超声清洗, 完成去镍处理; 所述稀释的碳酸钠溶液的浓度为5%。

3. 根据权利要求1所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺, 其特征在于: 步骤(2)中, 在盒式铜接头的内表面铜面上进行镀银工艺, 然后再在盒式铜接头的内表面安装3层0.010mm厚的Sn63Pb37 (熔点为183℃) 锡片。

4. 根据权利要求1所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺, 其特征在于: 步骤(4)中, 保护气体为氩气。

## 大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热核聚变领域,具体涉及大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺。

### 背景技术

[0002] 大型低温超导磁体工作点温度一般在液氮温度附近,为了向磁体传输电流,需要一段连接室温终端到低温磁体系统的组件,即所谓的电流引线。电流引线按结构组成分为常规电流引线(或称一元电流引线或阻性电流引线)和高温超导电流引线(或称二元电流引线或复合式电流引线)两种类型。常规电流引线主要采用铜或铜合金制作而成,其技术发展日趋成熟,目前最大电流记录是2005年美国费米实验室为传输线超导磁体研发的100 kA电流引线。

[0003] 高温超导材料BSCCO或YBCO具有较低的热导率,YBCO与不锈钢热导率相近,而BSCCO的热导率远低于不锈钢,在液氮温度下,可无阻地承载大电流,其发现后几年后就就被研究人员应用到电流引线设计中。顾名思义,采用高温超导技术的电流引线称为高温超导电流引线。其一般包含四大部分:1)换热器段,类似常规电流引线,设计温区一般在液氮温度附近;2)高温超导段,常工作在液氮温度以下;3)室温端,工作在室温300K附近;4)超导接头段,常工作在液氮温度附近,超导接头按照结构的不同可以分为两大类,一类是对接头,另一类是搭接接头;对接接头内部结构紧凑,体积较小,交流损耗小,其主要应用在大型磁体线圈的内部,在完成接头连接后与磁体一同进行绝缘处理;搭接接头的连接多使用低温锡焊工艺,操作简单,更适用于磁体端部与外部励磁导体之间的连接,以及导体与导体之间的连接。考虑到高温超导电流引线中接头位置距离磁体中心较远,受到背景场的影响相对磁体内部接头较弱,且搭接结构形式更易于Feeder多段Busbar实施现场安装,因此目前高温超导电流引线中超导接头基本采用双盒搭接结构的设计。超导接头是聚变工程中的关键技术之一,它承担着连接CICC电回路、冷却回路和绝缘层的重要任务,被广泛的应用在各种大型超导磁体和相关配套装置中,其设计好坏直接关系到热负荷、冷却及绝缘性能,是一项非常关键的技术。

[0004] 传统的超导缆和盒式铜接头的焊接工艺为:

- (1)对超导缆表面完成去铠甲和去镍后,对超导缆浸泡式挂锡;
- (2)在盒式铜接头的内表面进行加热挂锡,然后再在盒式铜接头的内表面安装锡片;
- (3)安装超导缆进入盒式铜接头,然后再将安装盒盖在盒式铜接头上;
- (4)在盒盖上施加一定的压力,对箱体充保护气体,并加热完成锡焊工艺;

传统的工艺对超导缆进行浸泡式挂锡,非常容易堵塞超导缆;对在盒式铜接头的内表面进行加热挂锡,操作复杂,挂锡不够均匀,锡料厚度不容易控制等等。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,解决了

如下问题:1,降低了超导缆的堵塞率;2,镀银层均匀;3,超导缆和盒式铜接头的焊接厚度均匀;4,首层缆的焊接率高,焊接强度高;5,操作简单等。

[0006] 本发明采用的技术方案如下:

大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于包括以下步骤:

(1)取超导缆,对超导缆表面进行去铠甲,之后对超导缆表面进行去镍处理,最后对超导缆表面进行镀银工艺。

[0007] (2)取盒式铜接头,在盒式铜接头的内表面铜面上进行镀银工艺,然后再在盒式铜接头的内表面安装2-4层0.05-0.15mm厚的Sn63Pb37(熔点为183℃)锡片。

[0008] (3)将处理后的超导缆插入到盒式铜接头内,然后再将安装盒盖盖在盒式铜接头上形成箱体。

[0009] (4)在安装盒盖上施加一定的压力,对箱体充保护气体,完成盒盖与箱体的焊接;

(5)然后把焊接后的箱体放入真空钎焊炉中,开始抽真空,当真空度在 $10^{-2}$ Pa时,开始加热,最高温度保持在 $200\pm 5^{\circ}\text{C}$ 8-12钟,完成锡焊工艺。

[0010] 所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于:步骤(1)中,超导缆表面去镍处理方法为,首先在未去铠甲一侧通入干燥的氮气,使用丙酮对超导缆表面去油,之后用去离子水清洗,然后把超导缆慢慢浸入稀释后的磷酸和甘油组成的反电镀溶液中,所述磷酸和甘油的重量配比分别为10%和5%,反电镀溶液温度控制在 $45^{\circ}\text{C}$ 左右,超导缆一侧连接正极,反电镀溶液一侧连接负极,控制电流在150A左右,当表面电缆的第二层开始出现铜色时停止,最后再对超导缆进行去离子水清洗,使用稀释的碳酸钠溶液中和,使用去离子水超声清洗,完成去镍处理;所述稀释的碳酸钠溶液的浓度为5%。

[0011] 所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于:步骤(2)中,在盒式铜接头的内表面铜面上进行镀银工艺,然后再在盒式铜接头的内表面安装3层0.010mm厚的Sn63Pb37(熔点为183℃)锡片。

[0012] 所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于:步骤(4)中,保护气体为氩气。

[0013] 所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于:在超导缆表面进行刷镀银工艺,由于镀银工艺几乎不会堵塞超导缆,且银和锡料有比较好的焊接性能,所以非常适合后期的锡焊工艺;

所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于:在盒式铜接头的内表面进行刷镀银工艺,镀银较均匀,且银和锡料有比较好的焊接性能,所以非常适合后期的锡焊工艺;

所述的大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,其特征在于:在盒式铜接头的内表面安装3层0.1mm厚的Sn63Pb37(熔点为183℃)锡片;

本发明的优点是:

本发明专利较传统工艺的优点是:

1、降低了超导缆的堵塞率。

[0014] 2、镀银层均匀。

[0015] 3、超导缆和盒式铜接头的焊接厚度均匀。

[0016] 4、首层缆的焊接率高,焊接强度高。

[0017] 5、操作简单。

#### 附图说明

[0018] 图1为本发明中步骤一的结构示意图。

[0019] 图2为本发明中步骤二的结构示意图。

[0020] 图3为本发明中步骤三的结构示意图。

[0021] 图4为本发明中步骤四的结构示意图。

[0022] 其中,图中标号:1-安装盒盖,2-超导缆,3-盒式铜接头,4-锡片。

#### 具体实施方式

[0023] 参见附图1,大型高温超导电流引线中超导缆和盒式铜接头的焊接工艺,包括以下步骤:

(1)取超导缆2,对超导缆表面进行去铝甲,之后对超导缆表面进行去镍处理,最后对超导缆表面进行镀银工艺。超导缆表面去镍处理方法为,首先在未去铝甲一侧通入干燥的氮气,使用丙酮对超导缆表面去油,之后用去离子水清洗,然后把超导缆慢慢浸入稀释后的磷酸和甘油组成的反电镀溶液中,所述磷酸和甘油的重量配比分别为10%和5%,反电镀溶液温度控制在45℃左右,超导缆一侧连接正极,反电镀溶液一侧连接负极,控制电流在150A左右,当表面电缆的第二层开始出现铜色时停止,最后再对超导缆进行去离子水清洗,使用稀释的碳酸钠溶液中和,使用去离子水超声清洗,完成去镍处理;所述稀释的碳酸钠溶液的浓度为5%。

[0024] (2)取盒式铜接头,在盒式铜接头3的内表面铜面上进行镀银工艺,然后再在盒式铜接头3的内表面安装2-4层0.05-0.15mm厚的Sn63Pb37(熔点为183℃)锡片4。

[0025] (3)将处理后的超导缆插入到盒式铜接头3内,然后再将安装盒盖1盖在盒式铜接头3上形成箱体。

[0026] (4)在安装盒盖1上施加一定的压力,对箱体充保护气体氩气,完成盒盖与箱体的焊接。

[0027] (5)然后把焊接后的箱体放入真空钎焊炉中,开始抽真空,当真空度在 $10^{-2}$ Pa时,开始加热,最高温度保持在 $200\pm 5^{\circ}\text{C}$ 8-12钟,完成锡焊工艺。



图1

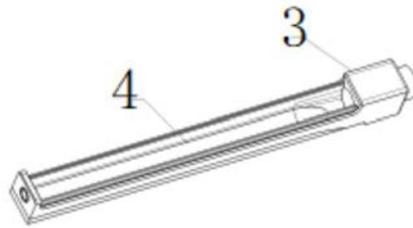


图2

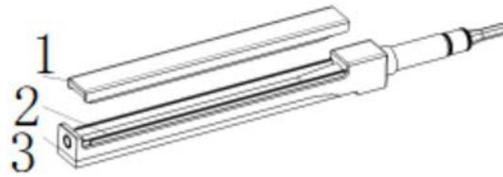


图3

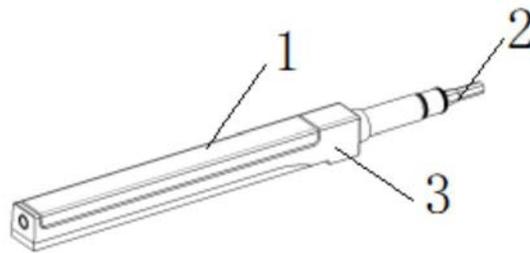


图4