



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106356692 B

(45)授权公告日 2018.10.16

(21)申请号 201610966455.8

H01R 43/02(2006.01)

(22)申请日 2016.10.28

审查员 郑玲玲

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106356692 A

(43)申请公布日 2017.01.25

(73)专利权人 清华大学深圳研究生院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大
学城清华校区

(72)发明人 冯峰 瞿体明 符其树 康钰豪

张向松 卢弘愿

(74)专利代理机构 深圳新创友知识产权代理有

限公司 44223

代理人 王震宇

(51)Int.Cl.

H01R 43/00(2006.01)

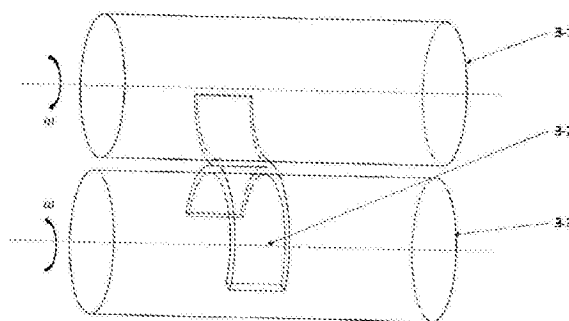
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

一种加工超导导线接头连接体的设备和方法

(57)摘要

一种加工超导导线接头连接体的设备及方法,该设备包括第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴经控制朝相反的方向旋转并具有相同的线速度,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一圆柱形滚轴上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径。本发明设备及方法能有效、可靠、低成本地实现获得连接体,并使所获得的连接体保持良好的超导性能。



1. 一种加工超导导线接头连接体的设备,其特征在于,包括第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴经控制朝相反的方向旋转并具有相同的线速度,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一圆柱形滚轴上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径。

2. 如权利要求1所述的加工超导导线接头连接体的设备,其特征在于,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的半径相同或不同。

3. 如权利要求2所述的加工超导导线接头连接体的设备,其特征在于,所述第二圆柱形滚轴的半径大于15mm。

4. 如权利要求2所述的加工超导导线接头连接体的设备,其特征在于,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴之间的间距可调。

5. 如权利要求2所述的加工超导导线接头连接体的设备,其特征在于,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴之间的最大可调间距达到5mm。

6. 一种使用如权利要求1至5任一项所述的设备加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1) 截取一段第二代高温超导导线;

S2) 在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开;

S3) 将超导导线的第一面固定在第一圆柱形滚轴表面,超导导线的第二面固定在第二圆柱形滚轴的表面;

S4) 调节第一圆柱形滚轴和的第二圆柱形滚轴间距与超导导线厚度相同,旋转第一圆柱形滚轴和的第二圆柱形滚轴,使超导导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离;

S5) 将固定在第二圆柱形滚轴表面的超导层所在的部分取下,以得到连接体。

7. 如权利要求6所述的加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,步骤S1)中截取长度为10-100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线;

步骤S2)中将导线分开1-5mm的长度。

8. 如权利要求6所述的加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,在步骤S1)中,在超导导线的两侧分别切除0.1-0.5mm的宽度。

9. 如权利要求6所述的加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,所述第二代高温超导导线在金属基底和金属基底外侧的加强层之间具有银层,在步骤S3)之前还包括以下步骤:

将所述银层连同加强层与金属基底彻底分离,只保留含有金属基底的部分,作为后续加工的材料。

10. 如权利要求8所述的加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,步骤S3)中采取全覆盖或分段固定的形式固定超导导线的第一面和/或第二面,使用具有双向固定效果的胶水或以机械固定的方式进行固定。

11. 一种使用设备加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,所述设备包括第一平板和第二圆柱形滚轴,所述第一平板的表面和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一

平板和所述第二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一平板和所述第二圆柱形滚轴经控制以使所述第一平板的运动与所述第二圆柱形滚轴的旋转同步,且所述第一平板的运动速度与所述第二圆柱形滚轴的线速度相同,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一平板上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径,所述方法包括以下步骤:

S1) 截取一段第二代高温超导导线;

S2) 在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开;

S3) 将超导导线的第一面固定在第一平板表面,超导导线的第二面固定在第二圆柱形滚轴的表面;

S4) 调节第二圆柱形滚轴与第一平板的间距与超导导线厚度相同,旋转第二圆柱形滚轴的同时使第一平板同步运动,使超导导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离;

S5) 将固定在第二圆柱形滚轴表面的超导层所在的部分取下,以得到连接体。

12. 如权利要求11所述的加工超导导线接头连接体的方法,其特征在于,

步骤S1) 中截取长度为10-100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线;

步骤S2) 中将导线分开1-5mm的长度。

13. 一种连接两个超导导线端口的的方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1) 使用权利要求6至11任一项所述加工超导导线接头连接体的方法,获得具有层叠的加强层、银稳定层和超导层的超导连接体;

S2) 对需要连接的两根超导导线的端部进行银层腐蚀处理以露出超导层表面;

S3) 将两根超导导线的端部相邻放置,焊接金属基底实现机械连接;

S4) 在两根超导导线的超导层上覆盖超导连接体,并使用银箔进行包裹固定;

S5) 在低氧分压气氛和机械加压下进行成相热处理,使超导连接体与超导导线的超导层的界面处生成稀土钡铜氧相;

S6) 在高氧分压气氛下进行充氧热处理,使稀土钡铜氧相具备超导性质,从而实现超导连接体与超导导线的超导层之间超导连接;

S7) 去除包裹银箔,得到完成连接的新超导导线。

一种加工超导导线接头连接体的设备和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高温超导导线技术,具体涉及一种加工超导导线接头连接体的设备和方法。

背景技术

[0002] 稀土钡铜氧高温超导导线 ($REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, 其中RE为稀土元素,包括Y、Yb、Tm、Er、Ho、Dy、Gd、Eu、Sm、Nd、La等,也称为第二代高温超导导线)在液氮温度(77K)下具有优良的载流性能,应用前景广阔。稀土钡铜氧高温超导导线的基本结构包括四个主要部分:银稳定层、超导层、过渡层和金属基底。在上述的四个主要部分中,银保护层一般厚度为1~2微米,可以起到保护超导层的作用;超导层的厚度一般为1~2微米,起到传导超导电流的作用,是超导导线的核心部分;过渡层一般由若干层薄膜构成,可以起到阻隔超导层与金属基底之间的元素扩散、传导双轴织构等作用,总厚度一般在1微米以下;金属基底的厚度一般为50~100微米,一般使用镍基合金(如Hastelloy C276)或不锈钢材料,起到提高超导导线机械性能的作用。一般在上述基本结构外面还会增加铜、不锈钢等材料构成的加强层以进一步增强超导导线机械性能,还有的超导导线的金属基底和增加铜或不锈钢之间有一层银层。本发明方法既适用于只包含四个基本结构的超导导线,也适用于含有加强层的超导导线。

[0003] 对于二代高温超导导线来说,上述结构主要以多层覆膜的方法实现,各层之间一般具有清晰的界面。在理想状态下,层与层之间紧密地结合在一起,但是在实际中,由于表面污染、应力集中、缺陷等因素,一些界面会出现粘附力降低的情况。而在实际的二代高温超导导线中,超导层与过渡层之间容易出现劈裂脱离的情况,这是该类超导导线应用中较为常见的一个问题。

[0004] 根据休斯顿大学的Ibrahim Kesgin等人研究的超导薄膜与粘附力之间的关系来看,超导层与过渡层之间在外力作用下是可以被劈裂开的(Kesgin I, Khatri N, Liu Y, et al. Influence of superconductor film composition on adhesion strength of coated conductors[J]. Superconductor Science & Technology, 2015, 29(1): 015003.)。但是他们所劈裂的材料中超导层受外力破坏严重,出现波浪状形貌。其原因在于直接借助外力将超导层与过渡层撕开,在裂开点处超导层的弯曲半径非常小,低于超导层能够承受的临界弯曲半径,导致失去超导电流的传输能力。

[0005] 所谓的二代高温超导导线的临界弯曲半径是指当超导导线的弯曲半径大于一定值时,超导导线的临界电流不受弯曲程度的影响;当弯曲小于该值时,临界电流随着弯曲半径的减小而减小。超导带材在弯曲时的弯曲应变公式表示为: $\epsilon = t/2R$, 式中 ϵ 、 t 、 R 分别表示弯曲应变、超导层厚度、弯曲半径。根据西南交通大学的研究(张婕.YBCO超导开关的特性研究[D].西南交通大学,2014.),二代高温超导导线YBCO的临界弯曲应变为0.75%,同时作者张婕在实验中测量所得的临界弯曲半径为12mm。

[0006] 由于目前高温超导导线的生产长度一般为数百米至一公里,由于很多应用领域中需要用到更长的超导导线,如高场磁体绕制、超导电机制造、超导储能系统制造等,因此超

导导线连接技术的开发具有重要意义。

发明内容

[0007] 本发明的主要目的在于提供一种加工超导导线接头连接体的设备和方法,使所获得的连接体保持良好的超导性能,该连接体可用于连接两个超导导线端口。

[0008] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种加工超导导线接头连接体的设备,包括第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴经控制朝相反的方向旋转并具有相同的线速度,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一圆柱形滚轴上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径。

[0010] 所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的半径可以相同或不同,具有相同的线速度即可。

[0011] 优选地,所述第二圆柱形滚轴的半径大于15mm。

[0012] 优选地,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴之间的间距可调,更优选地,最大可调间距达到5mm。

[0013] 一种加工超导导线接头连接体的设备,包括第一平板和第二圆柱形滚轴,所述第一平板的表面和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一平板和所述第二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一平板和所述第二圆柱形滚轴经控制以使所述第一平板的运动与所述第二圆柱形滚轴的旋转同步,且所述第一平板的运动速度与所述第二圆柱形滚轴的线速度相同,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一平板上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径。

[0014] 优选地,所述第二圆柱形滚轴的半径大于15mm。

[0015] 优选地,所述第一平板和第二圆柱形滚轴之间的间距可调,更优选地,最大可调间距达到5mm。

[0016] 一种使用所述的设备加工超导导线接头连接体的方法,包括以下步骤:

[0017] S1) 截取一段优选长度为10-100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线;

[0018] S2) 在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开优选为1-5mm的长度;

[0019] S3) 将超导导线的第一面固定在第一圆柱形滚轴表面,超导导线的第二面固定在第二圆柱形滚轴的表面;

[0020] S4) 调节第一圆柱形滚轴和的第二圆柱形滚轴间距与超导导线厚度相同,旋转第一圆柱形滚轴和的第二圆柱形滚轴,使超导导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离;

[0021] S5) 将固定在第二圆柱形滚轴表面的超导层所在的部分取下,以得到连接体。

[0022] 优选地,在步骤S1)中,在超导导线的两侧分别切除0.1-0.5mm的宽度。带材两侧的边缘位置,各层的结合相对比较紧密,所以剪去这两侧可以利于带材的完整分开。

[0023] 所述第二代高温超导带材在金属基底和金属基底外侧的加强层之间具有银层,优选地,在步骤S3)之前还包括以下步骤:

[0024] 将所述银层连同加强层与金属基底彻底分离,只保留含有金属基底的部分,作为后续加工的材料。

[0025] 步骤S3)中,可以采取全覆盖或分段固定的形式固定超导导线的第一面和/或第二面,使用具有双向固定效果的胶水或以机械固定的方式进行固定,优选地,只在超导层与过渡层分离处固定第二面。

[0026] 一种使用所述的设备加工超导导线接头连接体的方法,包括以下步骤:

[0027] S1) 截取一段优选长度为10-100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线;

[0028] S2) 在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开优选为1-5mm的长度;

[0029] S3) 将超导导线的第一面固定在第一平板表面,超导导线的第二面固定在第二圆柱形滚轴的表面;

[0030] S4) 调节第二圆柱形滚轴与第一平板的间距与超导导线厚度相同,旋转第二圆柱形滚轴的同时使第一平板同步运动,使超导导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离;

[0031] S5) 将固定在第二圆柱形滚轴表面的超导层所在的部分取下,以得到连接体。

[0032] 一种连接两个超导导线端口的的方法,包括以下步骤:

[0033] S1) 使用所述加工超导导线接头连接体的方法,获得具有层叠的加强层、银稳定层和超导层的超导连接体;

[0034] S2) 对需要连接的两根超导导线的端部进行银层腐蚀处理以露出超导层表面;

[0035] S3) 将两根超导导线的端部相邻放置,焊接金属基底实现机械连接;

[0036] S4) 在两根超导导线的超导层上覆盖超导连接体,并使用银箔进行包裹固定;

[0037] S5) 在低氧分压气氛和机械加压下进行成相热处理,使超导连接体与超导导线的超导层的界面处生成稀土钡铜氧相;

[0038] S6) 在高氧分压气氛下进行充氧热处理,使稀土钡铜氧相具备超导性质,从而实现超导连接体与超导导线的超导层之间超导连接;

[0039] S7) 去除包裹银箔,得到完成连接的新超导导线。

[0040] 本发明的有益效果:

[0041] 本发明提供了一种获得二代高温超导导线的连接体的设备和方法,能够有效、可靠、低成本地实现获得连接体。本发明的方法劈裂去除不利于氧扩散的金属基底与过渡层,以剩余的超导层与银稳定层(也可以包含加强层)作为超导连接体,可良好地应用于超导导线接头等领域。本发明中使用的滚轴来劈裂分离超导层的方法,其优点在于,滚轴的半径大于超导材料的临界弯曲半径,这样在劈裂的过程中就不会由于弯曲力过大而破坏超导层。同时,同步运转的上下滚轴或者滚轴与直板,使超导层与过渡层同时受力分开,不会出现滑动现象以及受到切向力,也就不会破坏超导层。因此就获得了超导性能保持良好的二代高温超导材料,其具有超导层、银稳定层以及加强结构(或者没有加强结构),其用途之一就是用于连接两根导线的连接体。本发明得到的连接体没有或较少地受到外力的破坏,保持优良的超导性能,可用于实现两根超导导线的超导连接,在接头处具备良好的超导性能,能够实现良好传输大电流。

[0042] 在一种优选实施例中,用两个间隙可调节、能够同步运转、直径大小相同的滚轴,既避免超导层受到切向力破坏,又避免其受到半径过小的弯曲力破坏。间隙可调节,可达到间隙大小与导线厚度一致,避免导线垂直受力过大,同时保证接触点的导线能紧贴滚轴,不发生滑动损坏超导层。

附图说明

[0043] 图1是本发明实施例一中使用的二代高温超导导线的结构示意图;

[0044] 图2是本发明实施例一中使用的二代高温超导导线劈裂前的分开一个小口的处理示意图;

[0045] 图3是本发明实施例一中使用双滚轴结构对一段二代高温超导导线进行劈裂的示意图;

[0046] 图4是本发明实施例一中使用双滚轴结构对一段二代高温超导导线进行劈裂的示意图的左视图;

[0047] 图5是本发明实施例一中使用滚轴与直板结构对一段二代高温超导导线进行劈裂的示意图;

[0048] 图6是本发明实施例一中使用滚轴与直板结构对一段二代高温超导导线进行劈裂的左视图的示意图

[0049] 图7是实施例三中的使用的第二代高温超导导线的结构示意图

[0050] 图8是本发明实施例四中的第二代高温超导导线连接头的示意图。

具体实施方式

[0051] 以下对本发明的实施方式作详细说明。应该说明的是,下述说明仅仅是示例性的,而不是为了限制本发明的范围及其应用。

[0052] 本发明实施例中获得的连接体是一段从已经制备好的第二代高温超导导线上获得的超导层、银层、铜保护层的结合体。

[0053] 参见图3至图4,一种加工超导导线接头连接体的设备,包括第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一圆柱形滚轴和所述第二圆柱形滚轴经控制朝相反的方向旋转并具有相同的线速度,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一圆柱形滚轴上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径。

[0054] 所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴的半径可以相同或不同,具有相同的线速度即可。

[0055] 在优选的实施例中,所述第二圆柱形滚轴的半径大于15mm。

[0056] 在优选的实施例中,所述第一圆柱形滚轴和第二圆柱形滚轴之间的间距可调,更优选地,最大可调间距达到5mm。

[0057] 参见图5至图6,一种加工超导导线接头连接体的设备,包括第一平板和第二圆柱形滚轴,所述第一平板的表面和第二圆柱形滚轴的轴线互相平行,所述第一平板和所述第

二圆柱形滚轴之间具有用于装入第二代高温超导导线的间隙,所述第一平板和所述第二圆柱形滚轴经控制以使所述第一平板的运动与所述第二圆柱形滚轴的旋转同步,且所述第一平板的运动速度与所述第二圆柱形滚轴的线速度相同,第二代高温超导导线的靠近金属基底的第一面固定在所述第一平板上,第二代高温超导导线的靠近超导层的第二面固定在所述第二圆柱形滚轴上,所述第二圆柱形滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径。

[0058] 在优选的实施例中,所述第二圆柱形滚轴的半径大于15mm。

[0059] 在优选的实施例中,所述第一平板和第二圆柱形滚轴之间的间距可调,更优选地,最大可调间距达到5mm。

[0060] 实施例一

[0061] 本实施例将结合图1至图4进行描述,二代高温超导导线的结构可以用图1来表示,包括:上加强层1-1,银稳定层1-2,超导层1-3,过渡层1-4,金属基底1-5,下加强层1-6,虚线框内是即将用于直接分开超导层与过渡层的部位1-7。图2中表示已经直接分离的超导层与过渡层端口。劈裂过程如图3、图4所示,图3包括上滚轴3-1;用于劈裂的超导导线3-2;下滚轴3-3。图4是图3的左视图,其中4-4表示劈裂出来的超导层;4-5表示劈裂出来的过渡层。

[0062] 一种超导导线接头连接体的加工方法包括以下步骤:

[0063] S1) 截取一段长度为10-100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线;

[0064] S2) 在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开1-5mm的长度;

[0065] S3) 将导线的金属基底所在的一面固定在第一个滚轴表面,导线的超导层所在的一面固定在第二个滚轴的表面;

[0066] S4) 调节两个滚轴的间距与导线厚度相同,旋转两个滚轴,使导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离;

[0067] S5) 将固定在步骤S3)所述第二个滚轴表面的超导层所在的部分取下,去除损坏部位,得到连接体。

[0068] 在步骤S1)中,截取一段导线过程中可以在其两侧分别切除0.1-0.5mm的宽度,以易于后续的劈裂加工,在截取和切除的操作中,导线除了切口处的其他部位不受外力,避免破坏导线内部的性能。带材两侧的边缘位置,各层的结合相对比较紧密,所以剪去这两侧可以利于带材的完整分开。

[0069] 步骤S2)中可以直接使用镊子等工具分开导线的端部,也可以采用电烙铁加热、局部弯曲等方法使端部易于分开。

[0070] 步骤S3)中可以采取全覆盖的形式固定导线的下基底面,也可以分段固定;可以采取全覆盖的形式固定导线的上表面,也可以分段固定。下滚轴与基底面的固定可以使用双面胶或者其他具有双向固定效果的胶水固定,上滚轴与上表面的固定可以使用双面胶或者其他具有双向固定效果的胶固定,也可以采用机械固定的方式固定。优选的,为了方便在步骤S5)取下超导层,可只在上表面的超导层与过渡层端口分离处固定上表面。

[0071] 步骤S3)中使用的滚轴在直径相同时转速相同,直径不同时根据转速比调节,保证线速度大小相等。

[0072] 步骤S3)中滚轴的半径大于第二代高温超导导线的临界弯曲半径,优选的滚轴半

径大于15mm。

[0073] 步骤S3)中滚轴的中心距离可调,两个滚轴之间的间隙最小可为0mm,最大要大于超导导线的厚度,优选0~5mm。

[0074] 步骤S3)中,设备也可以采用两个半径不同的滚轴,但需要控制两个滚轴的旋转角速度,使两个滚轴表面的线速度相同;下滚轴可以替换为有相同效果的平板,满足平板与滚轴的间隙可调,优选调节距离为0~5mm,且平板可运动,运动方向与滚轴同步,即平板的速度大小与方向同接触点处滚轴的线速度的大小与方向均相等。

[0075] 步骤S3)中,为了方便取下超导层,可使用稀释剂或其他试剂溶解胶,但是该试剂不能破坏超导层。

[0076] 步骤S5)中,最终得到的超导连接体可以进行等离子体清洗、离子束轰击、热处理、镀银等后续处理,提高表面质量或保护超导性能。

[0077] 步骤S5)中,最终得到的超导连接体在液氮温度和自场下,临界电流密度为初始的超导导线的50%以上,可以应用于两根第二代高温超导导线的超导接头加工,以及超导叠层结构加工。

[0078] 实施例二

[0079] 本实施例结合图1、图2、图5、图6进行描述,一种超导导线接头连接体的加工及应用技术包括以下步骤:

[0080] S1)准备一台如权利要求1所述的第二代高温超导导线接头连接体的加工设备,截取一段长度为10-100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线;

[0081] S2)在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开1-5mm的长度;

[0082] S3)将导线的金属基底所在的一面固定在平板表面,导线的超导层所在的另一面固定在滚轴的表面;

[0083] S4)调节滚轴与平板的间距与导线厚度相同,旋转两个滚轴,使导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离;

[0084] S5)将固定在步骤S3)所述滚轴表面的超导层所在的部分取下,去除损坏部位,得到连接体。

[0085] 本实施例的上述步骤,与实施例一在大部分环节的操作过程及其参数可以是相同的。

[0086] 图5、图6展示了本实施例的超导导线分离过程,图5所示的连接结构包括:滚轴5-1;正在被劈裂的超导导线5-2;平板5-3。图6是图5的左视图,其中5-4表示劈裂出来的超导层;5-5表示劈裂出来的过渡层。

[0087] 步骤S6)中,平板的运动优选使用借助直线齿轮与直齿轮的配合。

[0088] 实施例三

[0089] 本实施例结合图7进行描述,图7展示了本实施例所使用的超导导线的结构,包括:上加强层7-1;银稳定层7-2;超导层7-3;过渡层7-4;金属基底7-5;下银层7-6;下加强层7-7。用于撕开小口的部位7-8。

[0090] 一种超导导线接头连接体的加工和应用,其步骤包括:

[0091] S1)准备一台第二代高温超导导线接头连接体的加工设备,截取一段长度为10-

100mm、宽度为4-12mm的第二代高温超导导线；

[0092] S2) 用镊子或其他工具将靠近下表面的银层与金属基底分开,并彻底分离,只保留含有金属基底的部分,作为后续加工的材料；

[0093] S3) 在超导导线的一端,沿着过渡层和超导层之间的界面将导线分开1-5mm的长度；

[0094] S4) 将导线的金属基底所在的一面固定在第一个滚轴表面,导线的超导层所在的一面固定在第二个滚轴的表面；

[0095] S5) 调节两个滚轴的间距与导线厚度相同,旋转两个滚轴,使导线沿着过渡层与超导层的界面完全分离；

[0096] S6) 将固定在所述第二个滚轴表面的超导层所在的部分取下,去除损坏部位,得到连接体。

[0097] 本实施例的上述步骤,与实施例一在大部分环节的操作过程及其参数可以是相同的。

[0098] 步骤S2所述的分离下银层与金属基底的过程也可以去掉,本实施例优选保留步骤S2。本实施例是针对在金属基底和加强层之间具有银层的第二代高温超导带材,其中银层与金属基底的粘附力比较小,相比更加容易脱落,因此在劈裂过程中影响了过渡层与超导层的分离,因此先将银层与金属基底分离。

[0099] 步骤S4所述的下滚轴也可以用平板替代,替代后的步骤与实施例二的操作过程相同。

[0100] 实施例四

[0101] 本实施例介绍一种超导连接体的具体使用例,主要来源于清华大学的冯峰、瞿体明等人研究利用连接体连接两个超导导线端口的的方法(冯峰,瞿体明,符其树,卢弘愿,朱宇平,张向松,韩征和.实现稀土钡铜氧高温超导导线之间超导连接的方法及结构[P].广东:CN105390830A,2016-03-09.)。图8展示了本实施例的结构,包括:8-1加强层;8-2银稳定层;8-3超导层;8-4过渡层;8-5金属基底;8-6加强层;8-7连接体,含有加强层、银稳定层、超导层。

[0102] 连接方法的具体步骤包括:

[0103] S1:对一根超导导线进行劈裂处理,使之沿着过渡层与超导层之间的界面裂开,将包括超导层和银稳定层的部分作为超导连接体;

[0104] S2:对需要连接的两根超导导线的端部进行银层腐蚀处理以露出超导层表面;

[0105] S3:将两根超导导线的端部相邻放置,焊接金属基底实现机械连接;

[0106] S4:在两根超导导线的超导层上覆盖超导连接体,并使用银箔进行包裹固定;

[0107] S5:在低氧分压气氛和机械加压下进行成相热处理,使超导连接体与超导导线的超导层的界面处生成稀土钡铜氧相;

[0108] S6:在高氧分压气氛下进行充氧热处理,使稀土钡铜氧相具备超导性质,从而实现超导连接体与超导导线的超导层之间超导连接;

[0109] S7:去除包裹银箔,得到完成连接的新超导导线。

[0110] 具体方法可以参考CN105390830A。

[0111] 在步骤S6中,充氧时间也是一个重要的技术问题。氧气在银中的扩散系数要比在

超导层中的扩散系数大得多,也就是氧气扩散进入银中的时间相比在超导层中的扩散时间是一个可忽略的小量。本实施例中的不同点在于,CN105390830A中介绍的充氧过程中,由于没有加强层,氧气可以从银层的上方进入,扩散量大,而本实施例中的连接体中含有加强层,加强层可以使用银、铜等氧气扩散系数较高的材料,也可以使用哈氏合金等氧气扩散系数较低的材料。当使用氧气扩散系数较高的材料作为加强层时,氧气的扩散路径将对于CN105390830A的情况要大一些;当使用氧气扩散系数较低的材料作为加强层时,在充氧过程中氧气主要不经过加强层,而是主要先从银层的四周扩散进去然后再在超导层的c轴方向扩散进超导层。综上,本发明在充氧时间上会比CN105390830A中方法的充氧时间长一些。但是由于氧气在银中的扩散系数是很大的,因此即使氧气从银的四周扩散进去,扩散进入的面积大大减小了,其扩散时间相比于氧气在超导层中的扩散时间也是一个较小的量,因此总体上也是在一定程度上解决充氧时间过长的问题。同时,由于加强层的存在,本实施例中的超导连接体具有更好的机械性能,可以更为方便的操作。

[0112] 以上内容是结合具体/优选地实施方式对本发明所做的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,其还可以对这些已描述的实施方式做出若干替代或变型,而这些替代或变型方式都应当视为属于本发明的保护范围。

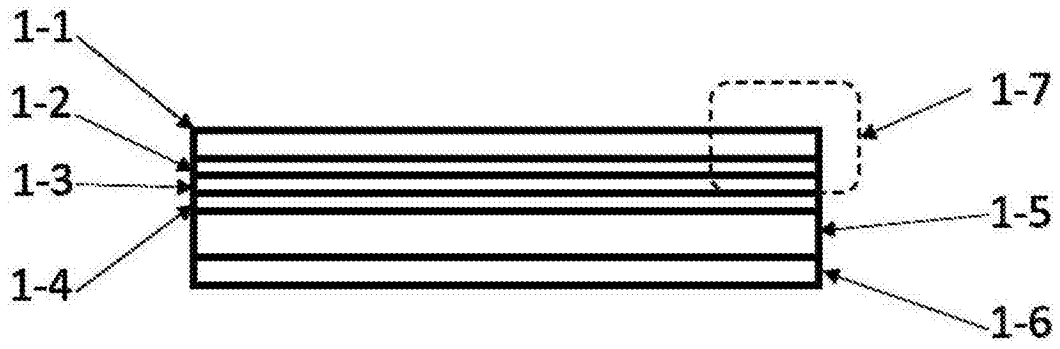


图1

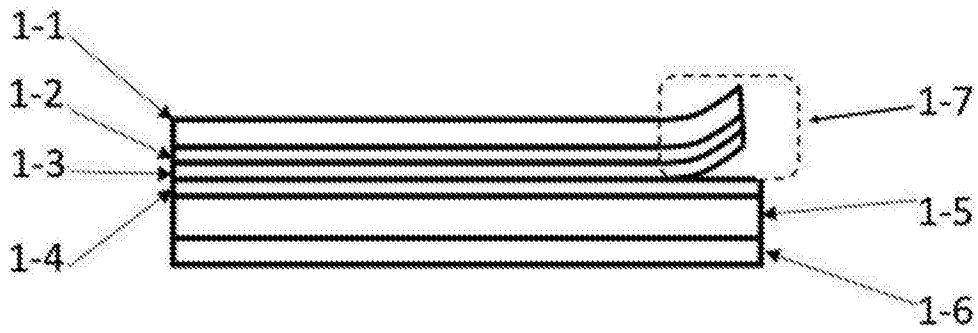


图2

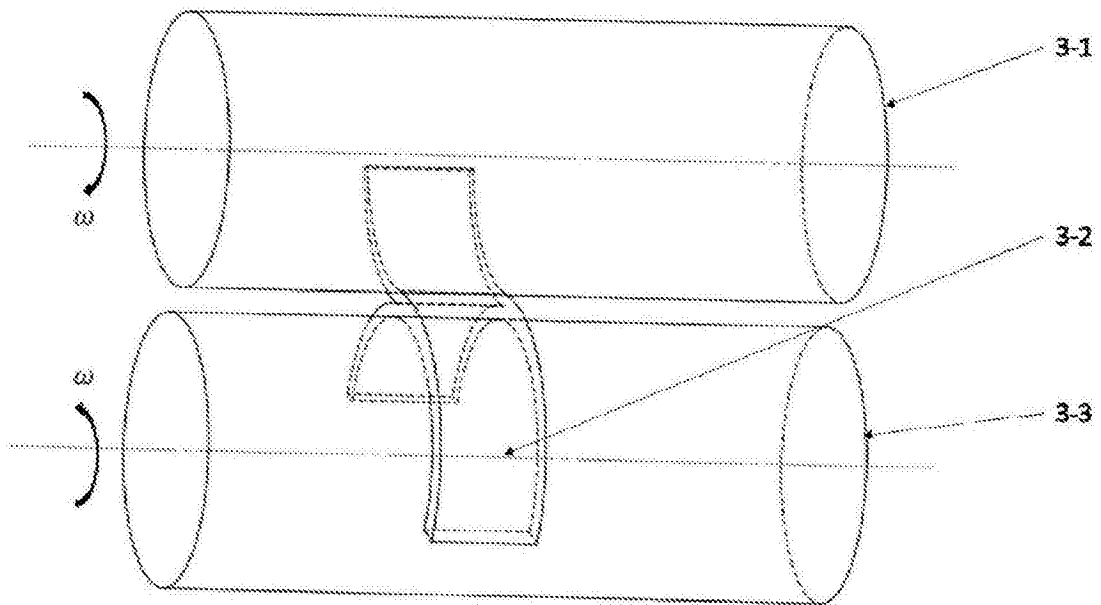


图3

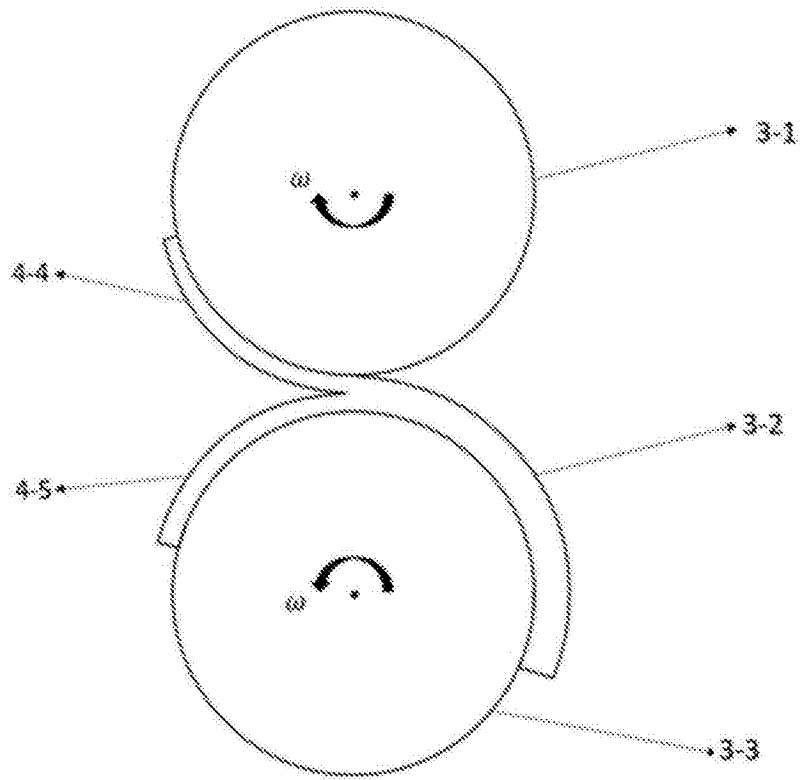


图4

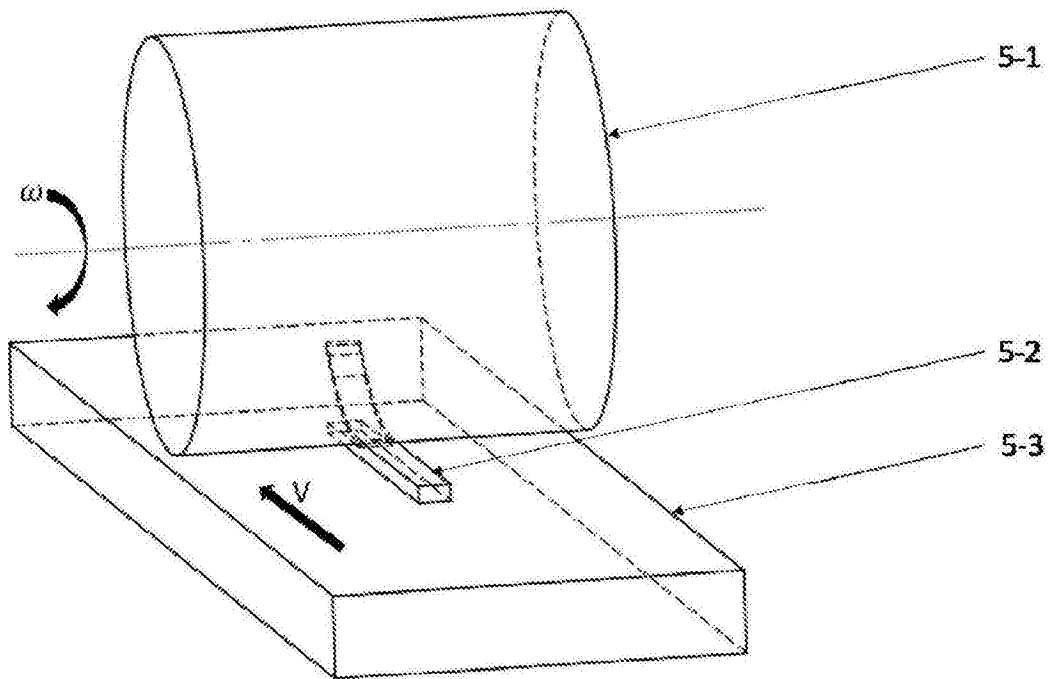


图5

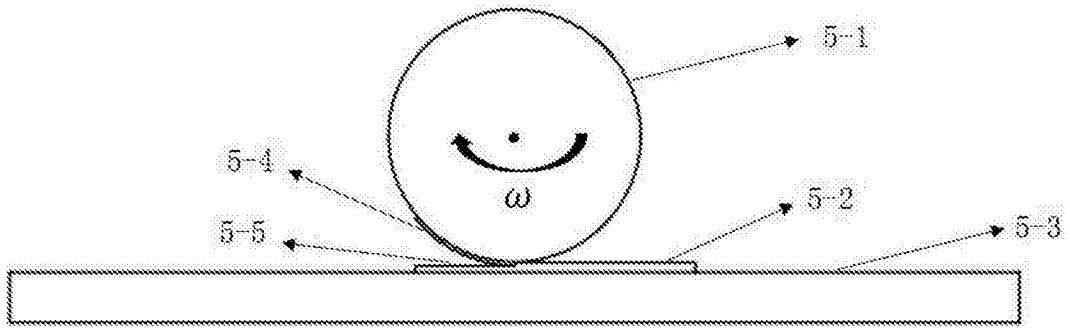


图6

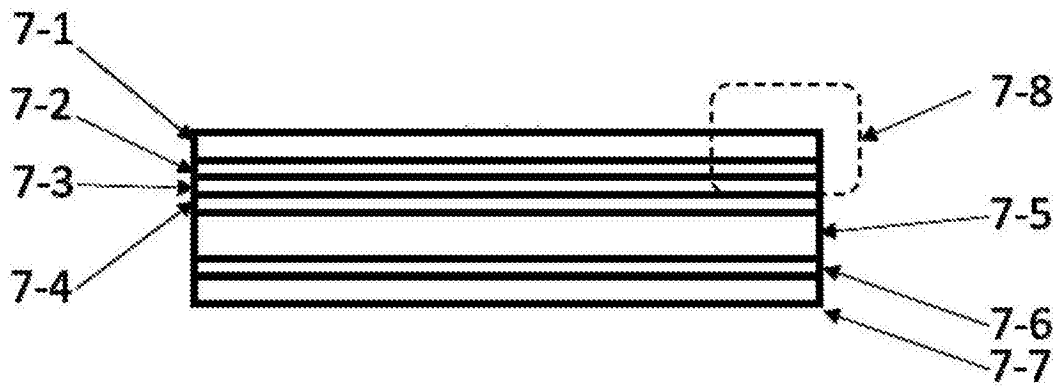


图7

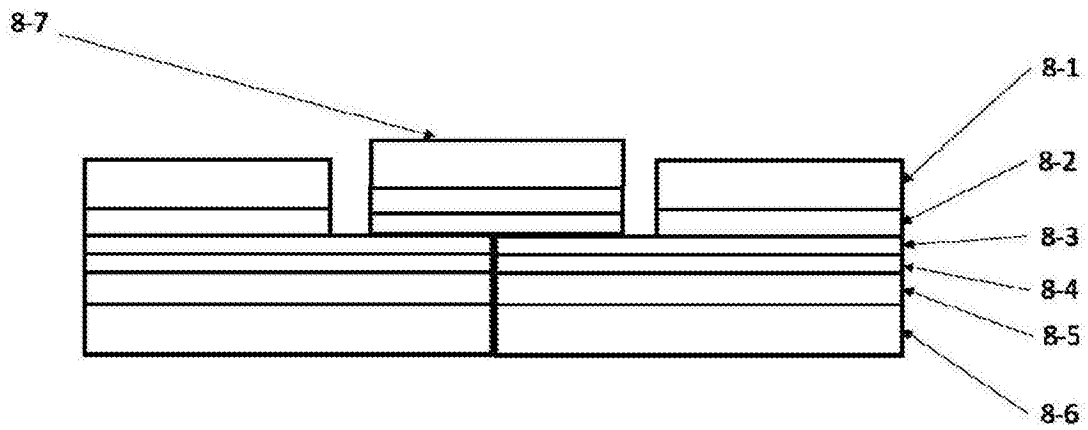


图8