



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118880098 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 17

(21) 申请号 202411365715.7

(22) 申请日 2024.09.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118880098 A

(43) 申请公布日 2024.11.01

(73) 专利权人 云南先导新材料有限公司

地址 650000 云南省昆明市高新区马金铺

街道中南高科智汇产业园14栋1号101

(72) 发明人 张科 秦国义

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理

有限公司 11562

专利代理师 李彬

(51) Int. Cl.

C22C 5/08 (2006.01)

B22F 3/14 (2006.01)

B22F 3/18 (2006.01)

B22F 3/20 (2006.01)

B22F 3/24 (2006.01)

B22F 5/12 (2006.01)

B22F 9/08 (2006.01)

C22C 1/04 (2023.01)

H01R 39/08 (2006.01)

H01R 43/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108149057 A, 2018.06.12

CN 116656999 A, 2023.08.29

王松等. 银-石墨烯新型电触头材料的合成与性能研究. 贵金属. 2016, 第37卷 (第S1期), 1-6.

审查员 吴滢帮

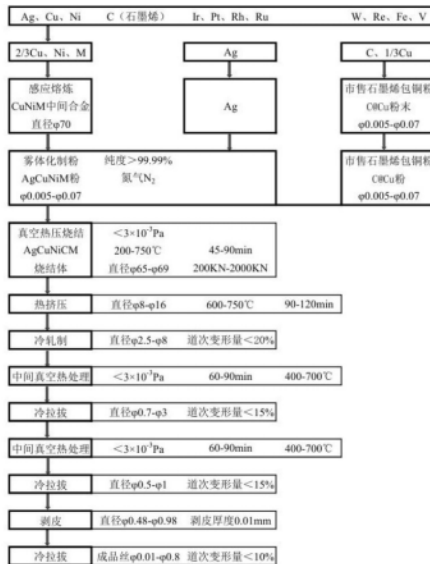
权利要求书1页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种滑环电刷用银铜合金丝及其应用

(57) 摘要

本发明公开了一种滑环电刷用银铜合金丝及其应用,属于导电材料技术领域。本发明提供的滑环电刷用银铜合金丝由主体元素Ag、Cu、Ni、C和微量元素Ir、Pt、Rh、Ru、W、Re、Fe、V中的一种或几种元素组成,C以石墨烯包覆铜粉的形式加入,所得滑环电刷用银铜合金丝的导电性、耐磨性、弹性、常温和高温屈服强度、使用寿命远远高于市售同类合金,其电导率>75%IACS,显微硬度>195HV,弹性模量>90GPa,室温25℃屈服强度>700MPa,250℃屈服强度>650MPa,使用寿命大于1100万转。当使用寿命达到最高1400万转时,材料的屈服强度几乎未变,保证了滑环与电刷丝之间信号传输稳定。



1. 一种滑环电刷用银铜合金丝,其特征在于,包括主体元素和微量元素;所述主体元素包括Ag、Cu、Ni和C,所述微量元素包括Ir、Pt、Rh、Ru、W、Re、Fe和V中的一种或几种;所述C以石墨烯包覆铜粉的形式加入;按所占合金总原料的重量百分比计,所述主体元素包括Ag:73-75Wt.%、Cu:24-26Wt.%、Ni:0.2-0.7Wt.%和C:0.001-0.05Wt.%;

所述滑环电刷用银铜合金丝的制备方法,包括以下步骤:

(1) 将Cu、Ni和微量元素制成CuNiM中间合金,然后将Ag和所述CuNiM中间合金混合,经熔炼和雾化,得到AgCuNiM合金粉末;

(2) 将C以石墨烯包覆铜粉的形式与步骤(1)得到的AgCuNiM合金粉末混合,然后经烧结、热挤压、冷轧制、热处理、冷拉拔、剥皮和拉拔,得到所述滑环电刷用银铜合金丝;所述热挤压的温度为600-750℃,保温时间为90-120min;所述热处理的温度为500-700℃,保温时间为60-90min,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa。

2. 根据权利要求1所述的滑环电刷用银铜合金丝,其特征在于,按所占合金总原料的重量百分比计,所述微量元素包括Ir:0.05-0.5Wt.%、Pt:0.05-0.5Wt.%、Rh:0.05-0.5Wt.%、Ru:0.05-0.5Wt.%、W:0.05-0.5Wt.%、Re:0.05-0.5Wt.%、Fe:0.05-0.5Wt.%和V:0.05-0.5Wt.%中的一种或几种。

3. 根据权利要求1所述的滑环电刷用银铜合金丝,其特征在于,按重量百分比计,所述滑环电刷用银铜合金丝包括Ag:73-75Wt.%、Cu:24-26Wt.%、Ni:0.2-0.7Wt.%、C:0.001-0.05Wt.%、Ir:0.05-0.5Wt.%、W:0.05-0.5Wt.%和V:0.05-0.5Wt.%。

4. 根据权利要求1所述的滑环电刷用银铜合金丝,其特征在于,所述滑环电刷用银铜合金丝的直径为0.01mm-0.8mm。

5. 根据权利要求1所述的滑环电刷用银铜合金丝,其特征在于,步骤(2)中,所述烧结的温度为200-750℃,保温时间为45-90min,压力为200-2000kN,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa。

6. 权利要求1-5任一项所述滑环电刷用银铜合金丝在滑环电刷中的应用。

一种滑环电刷用银铜合金丝及其应用

技术领域

[0001] 本发明属于导电材料技术领域,尤其涉及一种滑环电刷用银铜合金丝及其应用。

背景技术

[0002] 滑环和电刷,是为旋转体连通、传输功率与信号的电气部件。常被称为导电滑环、电刷、转接器、集电环、集电器、旋转关节、集流环、回流环、换向器等,是实现两个相对转动机构的电流、数据信号或图像及动力传输的精密传输装置。滑环通常安装在设备的旋转中心,主要由旋转与静止两大部分组成。旋转部分连接设备的旋转结构并随之旋转运动,称为“转子”,静止部分连接设备的固定结构,称为“定子”。

[0003] 目前,国内外滑环电刷用银铜合金丝主要是银铜二元合金和银铜镍三元合金,其具体成分分别为:90Wt.%Ag和10Wt.%Cu;85Wt.%Ag和15Wt.%Cu;72Wt.%Ag和28Wt.%Cu;78Wt.%Ag、20Wt.%Cu和2Wt.%Ni;74Wt.%Ag、25Wt.%Cu和1Wt.%Ni;还有一些文献报道了在银铜镍三元合金的基础成分中添加Zn、B、Cr、Sn、Cd、石墨粉、二硫化钼等元素。但其综合性能仍然欠佳,主要表现在导电率、硬度、弹性不足,材料性能稳定性和使用寿命不够。随着滑环电刷系统装置应用场景变化,例如人形机器人以及一些微型电子旋转器件,对滑环电刷部件的小型化提出了要求,同时对滑环电刷用材料的性能稳定性也提出了更高要求。然而,现有市售的银铜合金和银铜镍合金体系的电刷丝无法满足上述要求。

[0004] 因此,亟需一种导电性、弹性、常温和高温屈服强度、耐磨性和使用寿命远远高于市售同类合金的滑环电刷用银铜合金丝以解决上述问题。

发明内容

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提出了一种滑环电刷用银铜合金丝及其应用。本发明提供的滑环电刷用银铜合金丝具有优异的导电性、弹性、常温和高温屈服强度、耐磨性,且使用寿命长。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供了以下技术方案:

[0007] 本发明提供了一种滑环电刷用银铜合金丝,包括主体元素和微量元素;所述主体元素包括Ag、Cu、Ni和C,所述微量元素包括Ir、Pt、Rh、Ru、W、Re、Fe和V中的一种或几种;所述C以石墨烯包覆铜粉的形式加入。

[0008] 优选的,按所占合金总原料的重量百分比计,所述主体元素包括Ag:73-75Wt.%、Cu:24-26Wt.%、Ni:0.2-0.7Wt.%和C:0.001-0.05Wt.%。

[0009] 优选的,按所占合金总原料的重量百分比计,所述微量元素包括Ir:0.05-0.5Wt.%、Pt:0.05-0.5Wt.%、Rh:0.05-0.5Wt.%、Ru:0.05-0.5Wt.%、W:0.05-0.5Wt.%、Re:0.05-0.5Wt.%、Fe:0.05-0.5Wt.%和V:0.05-0.5Wt.%中的一种或几种。

[0010] 优选的,按重量百分比计,所述滑环电刷用银铜合金丝包括Ag:73-75Wt.%、Cu:24-26Wt.%、Ni:0.2-0.7Wt.%、C:0.001-0.05Wt.%、Ir:0.05-0.5Wt.%、W:0.05-0.5Wt.%和V:0.05-0.5Wt.%。

[0011] 优选的,所述滑环电刷用银铜合金丝的直径为0.01mm-0.8mm。

[0012] 优选的,所述滑环电刷用银铜合金丝的制备方法,包括以下步骤:

[0013] (1) 将Cu、Ni和微量元素制成CuNiM中间合金,然后将Ag和所述CuNiM中间合金混合,经熔炼和雾化,得到AgCuNiM合金粉末;

[0014] (2) 将C以石墨烯包覆铜粉的形式与步骤(1)得到的AgCuNiM合金粉末混合,然后经烧结、热挤压、冷轧制、热处理、冷拉拔、剥皮和拉拔,得到所述滑环电刷用银铜合金丝。

[0015] 优选的,步骤(2)中,所述烧结的温度为200-750℃,保温时间为45-90min,压力为200-2000KN,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa。

[0016] 优选的,步骤(2)中,所述热挤压的温度为600-750℃,保温时间为90-120min。

[0017] 优选的,步骤(2)中,所述热处理的温度为400-700℃,保温时间为60-90min,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa。

[0018] 本发明还提供了上述技术方案所述滑环电刷用银铜合金丝在滑环电刷中的应用。

[0019] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和技术效果:

[0020] 本发明提供的滑环电刷用银铜合金丝由主体元素Ag、Cu、Ni、C和微量元素Ir、Pt、Rh、Ru、W、Re、Fe、V中的一种或几种元素组成,同时C以石墨烯包覆铜粉的形式加入,所得滑环电刷用银铜合金丝的导电性、耐磨性、弹性、常温和高温屈服强度以及使用寿命远远高于市售同类合金。

[0021] 本发明提供的滑环电刷用银铜合金丝的电导率 $>75\%$ IACS,显微硬度 >195 HV,弹性模量 >90 GPa,室温25℃屈服强度 >700 MPa,250℃屈服强度 >650 MPa,使用寿命大于1100万转(与直径45mm的镀金铜环配对)。当使用寿命达到最高1400万转时,材料的屈服强度几乎未变,从而保证了滑环与电刷丝之间信号传输稳定。

附图说明

[0022] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。在附图中:

[0023] 图1为本发明中滑环电刷用银铜合金丝的制备方法的工艺流程图;

[0024] 图2为本发明中滑环电刷用银铜合金丝的使用寿命的测试示意图。

具体实施方式

[0025] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0026] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0027] 本发明实施例提供了一种滑环电刷用银铜合金丝,包括主体元素和微量元素;所述主体元素包括Ag、Cu、Ni和C,所述微量元素包括Ir、Pt、Rh、Ru、W、Re、Fe和V中的一种或几种;所述C以石墨烯包覆铜粉的形式加入。

[0028] 本发明以Ag、Cu、Ni和C为主体元素,其中,Ag起导电和合金基体支撑的作用,Cu起

强化合金、增加硬度的作用,Ni起到进一步强化合金的作用,同时将C元素以石墨烯包覆铜粉的形式加入,不仅能够强化合金,还可以大幅降低银铜合金丝在使用中与摩擦副之间的摩擦系数,从而提高银铜合金丝的耐磨性和使用寿命。

[0029] 在优选的实施例中,按所占合金总原料的重量百分比计,所述主体元素包括Ag:73-75Wt.%、Cu:24-26Wt.%、Ni:0.2-0.7Wt.%和C:0.001-0.05Wt.%。

[0030] 本发明在主体元素的基础上添加微量元素可以强化合金,尤其是提高材料的弹性、常温和高温屈服强度,降低与摩擦副之间的接触电阻和摩擦系数,进而提高与摩擦副之间信号传输稳定性和可靠性、耐磨性和使用寿命。本发明提高了银铜合金丝的常温和高温屈服强度,从而提高了银铜合金丝的在高温使用工况下信号传输稳定性和可靠性。

[0031] 在优选的实施例中,按所占合金总原料的重量百分比计,所述微量元素包括Ir:0.05-0.5Wt.%、Pt:0.05-0.5Wt.%、Rh:0.05-0.5Wt.%、Ru:0.05-0.5Wt.%、W:0.05-0.5Wt.%、Re:0.05-0.5Wt.%、Fe:0.05-0.5Wt.%和V:0.05-0.5Wt.%中的一种或几种。

[0032] 在优选的实施例中,按重量百分比计,所述滑环电刷用银铜合金丝包括Ag:73-75Wt.%、Cu:24-26Wt.%、Ni:0.2-0.7Wt.%、C:0.001-0.05Wt.%、Ir:0.05-0.5Wt.%、W:0.05-0.5Wt.%和V:0.05-0.5Wt.%。

[0033] 在优选的实施例中,所述滑环电刷用银铜合金丝的直径为0.01mm-0.8mm,更优选为0.15-0.8mm。

[0034] 在优选的实施例中,所述滑环电刷用银铜合金丝的制备方法,工艺流程图见图1,包括以下步骤:

[0035] (1)将Cu、Ni和微量元素制成CuNiM中间合金,然后将Ag和所述CuNiM中间合金混合,经熔炼和雾化,得到AgCuNiM合金粉末;

[0036] (2)将C以石墨烯包覆铜粉的形式与步骤(1)得到的AgCuNiM合金粉末混合,然后经烧结、热挤压、冷轧制、热处理、冷拉拔、剥皮和拉拔,得到所述滑环电刷用银铜合金丝。

[0037] 在优选的实施例中,步骤(1)中,所述CuNiM中间合金的制备方法为:将Cu、Ni和微量元素进行熔炼和浇铸,得到所述CuNiM中间合金。

[0038] 在优选的实施例中,所述熔炼的次数为2次,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,设备为感应熔炼炉。

[0039] 在优选的实施例中,所述CuNiM中间合金的形状为圆柱状,直径为70mm。

[0040] 在优选的实施例中,步骤(1)中,所述熔炼和雾化的设备为真空感应熔炼-气体雾化制粉设备,气氛为纯度大于99.99%的N₂。

[0041] 在优选的实施例中,步骤(1)中,所述AgCuNiM合金粉末的形貌为球形和/或类球形,直径为0.005-0.07mm,更优选为0.025-0.07mm。

[0042] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述石墨烯包覆铜粉的形貌为球形和/或类球形,直径为0.005-0.07mm;所述石墨烯包覆铜粉的用量根据C元素在银铜合金丝中的占比经计算得到;所述石墨烯包覆铜粉购买于日本田中公司。

[0043] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述石墨烯包覆铜粉与AgCuNiM合金粉末混合的方式为球磨;所述球磨的设备为行星球磨机,球磨的时间为10h。

[0044] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述烧结为真空热压烧结;所述烧结的温度为200-750℃,更优选为400-750℃;所述烧结的保温时间为45-90min,更优选为60-90min;所

述烧结的压力为200-2000KN,更优选为200-700KN;所述烧结的真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa;所述烧结所得烧结锭坯的直径为65-69mm,形状为圆柱状。

[0045] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述热挤压的温度为600-750℃,更优选为650-750℃;所述热挤压的保温时间为90-120min;所述热挤压所得银铜合金棒材的直径为8-16mm;所述热挤压前将烧结所得烧结锭坯表面涂覆纯度大于99.99%的石墨乳,涂覆厚度为0.5-1mm。

[0046] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述冷轧制的道次变形量小于20%;所述冷轧制所得冷轧制棒材的直径为2.5-8mm。

[0047] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述热处理的温度为400-700℃,更优选为500-700℃;所述热处理的保温时间为60-90min,更优选为70-90min;所述热处理的真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa;所述热处理的冷却方式为随炉冷却。

[0048] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述冷拉拔的道次拉拔变形量小于15%;所述冷拉拔后所得合金丝的直径为0.5-1mm。

[0049] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述剥皮为去除冷拉拔后的合金丝表面厚度0.01mm;所述剥皮所得合金丝的直径为0.48-0.98mm。

[0050] 在优选的实施例中,步骤(2)中,所述拉拔的道次拉拔变形量小于10%;所述拉拔所得合金丝的直径为0.01-0.8mm。

[0051] 本发明还提供了上述技术方案所述滑环电刷用银铜合金丝在滑环电刷中的应用。

[0052] 如无特殊说明,本发明实施例中的元素均以单质的形式加入。

[0053] 本发明实施例中室温指的是“ $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ”。

[0054] 如无特殊说明,本发明实施例中的原料均通过市售途径购买获得。

[0055] 实施例1

[0056] 一种滑环电刷用银铜合金丝,按重量百分比计,由以下组分组成:

[0057] Ag:75Wt.%,Cu:24Wt.%,Ni:0.5Wt.%,C:0.05Wt.%,Ir:0.05Wt.%,W:0.25Wt.%和V:0.15Wt.%。

[0058] 滑环电刷用银铜合金丝的制备过程(以1000克合金为例):

[0059] (1)按照上述成分比例,计算1000克银铜合金丝所需各元素的重量:Ag为750克,Cu为160克($240 \times 2/3 = 160$ 克),Ni为5克,石墨烯包覆铜粉为80.5g(石墨烯包覆铜粉中石墨烯的含量为0.5g,Cu的含量为 $240 \times 1/3 = 80$ 克),Ir为0.5克,W为2.5克,V为1.5克。

[0060] (2)将160克Cu、5克Ni、0.5克Ir、2.5克W和1.5克V(合计169.5克)置于感应熔炼炉的氧化锆铜坩埚内,关闭炉门,抽真空至真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,进行熔炼,待熔体冷却后再次重复熔炼1次,然后浇铸在直径为70mm的石墨模具内,冷却出炉后得到重量为169.5克的CuNiM中间合金。

[0061] (3)将步骤(2)得到的169.5克CuNiM中间合金和750克Ag放在真空感应熔炼-气体雾化制粉设备的石墨坩埚内,经感应熔炼、 N_2 雾化,得到直径为0.025-0.07mm、形状为球形和类球形的AgCuNiM合金粉末;其中, N_2 纯度 $>99.99\%$ 。

[0062] (4)将步骤(3)得到的AgCuNiM合金粉末和80.5克石墨烯包覆铜粉C@Cu在行星球磨机中混合10h,然后将均匀的混合粉末全部装入直径为69mm的石墨磨具中进行热压烧结,得到直径为65-69mm的烧结体;热压烧结的工艺参数为:真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,温度600℃,保温

时间60min,压力700KN。

[0063] (5)将步骤(4)得到的烧结体表面涂覆厚度0.5-1mm纯度大于99.99%的石墨乳,然后在电阻炉内650℃保温90min,之后在卧式挤压机上挤压成直径为10mm的银铜合金棒。

[0064] (6)将步骤(5)得到的银铜合金棒按照每道次小于20%的变形量进行冷轧制,得到直径为3.5mm的银铜合金棒。

[0065] (7)将步骤(6)得到的银铜合金棒在真空热处理炉内进行中间真空热处理,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,500℃保温90min,随炉冷却,得到热处理后的银铜合金棒。

[0066] (8)将步骤(7)得到的热处理后的银铜合金棒按照每道次小于15%的变形量进行冷拉拔,得到直径为0.8mm的银铜合金丝。

[0067] (9)重复步骤(7)和(8),得到直径为0.6mm的银铜合金丝。

[0068] (10)将步骤(9)得到的银铜合金丝经剥皮处理,去除表面厚度0.01mm,得到直径为0.58mm的银铜合金丝。

[0069] (11)将步骤(10)得到的银铜合金丝按照每道次小于10%的变形量进行拉拔,经多道次拉拔,得到直径为0.25mm的银铜合金成品丝,即为滑环电刷用银铜合金丝。

[0070] 实施例2

[0071] 一种滑环电刷用银铜合金丝,按重量百分比计,由以下组分组成:

[0072] Ag:75Wt.%、Cu:24Wt.%、Ni:0.65Wt.%、C:0.05Wt.%、Ir:0.05Wt.%、W:0.25Wt.%。

[0073] 滑环电刷用银铜合金丝的制备过程(以5000克合金为例):

[0074] (1)按照上述成分比例,计算5000克银铜合金丝所需各元素的重量:Ag为3750克,Cu为800克($1200 \times 2/3 = 800$ 克),Ni为32.5克,石墨烯包覆铜粉为402.5g(石墨烯包覆铜粉中石墨烯的含量为2.5g,Cu的含量为 $1200 \times 1/3 = 400$ 克),Ir为2.5克,W为12.5克。

[0075] (2)将800克Cu、32.5克Ni、2.5克Ir和12.5克W(合计847.5克)置于感应熔炼炉的氧化锆铜坩埚内,关闭炉门,抽真空至真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,进行熔炼,待熔体冷却后再次重复熔炼1次,然后浇铸在直径为70mm的石墨模具内,冷却出炉后得到重量为847.5克的CuNiM中间合金。

[0076] (3)将步骤(2)得到的847.5克CuNiM中间合金和3750克Ag放在真空感应熔炼-气体雾化制粉设备的石墨坩埚内,经感应熔炼、 N_2 雾化,得到直径为0.025-0.07mm、形状为球形和类球形的AgCuNiM合金粉末;其中, N_2 纯度 $>99.99\%$ 。

[0077] (4)将步骤(3)得到的AgCuNiM合金粉末和402.5克石墨烯包覆铜粉C@Cu在行星球磨机中混合10h,然后将均匀的混合粉末全部装入直径为69mm的石墨磨具中进行热压烧结,得到直径为65-69mm的烧结体;热压烧结的工艺参数为:真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,温度400℃,保温时间90min,压力2000KN。

[0078] (5)将步骤(4)得到的烧结体表面涂覆厚度0.5-1mm纯度大于99.99%的石墨乳,然后在电阻炉内600℃保温120min,之后在卧式挤压机上挤压成直径为16mm的银铜合金棒。

[0079] (6)将步骤(5)得到的银铜合金棒按照每道次小于20%的变形量进行冷轧制,得到直径为8mm的银铜合金棒。

[0080] (7)将步骤(6)得到的银铜合金棒在真空热处理炉内进行中间真空热处理,真空度 $<3 \times 10^{-3}$ Pa,400℃保温90min,随炉冷却,得到热处理后的银铜合金棒。

[0081] (8)将步骤(7)得到的热处理后的银铜合金棒按照每道次小于15%的变形量进行冷

拉拔,得到直径为3mm的银铜合金丝。

[0082] (9)重复步骤(7)和(8),得到直径为1mm的银铜合金丝。

[0083] (10)将步骤(9)得到的银铜合金丝经剥皮处理,去除表面厚度0.01mm,得到直径为0.98mm的银铜合金丝。

[0084] (11)将步骤(10)得到的银铜合金丝按照每道次小于10%的变形量进行拉拔,经多道次拉拔,得到直径为0.8mm的银铜合金成品丝,即为滑环电刷用银铜合金丝。

[0085] 实施例3

[0086] 一种滑环电刷用银铜合金丝,按重量百分比计,由以下组分组成:

[0087] Ag:75Wt.%、Cu:24Wt.%、Ni:0.6Wt.%、C:0.05Wt.%、Ir:0.05Wt.%和Re:0.3Wt.%。

[0088] 滑环电刷用银铜合金丝的制备过程(以2000克合金为例):

[0089] (1)按照上述成分比例,计算2000克银铜合金丝所需各元素的重量:Ag为1500克,Cu为320克($480 \times 2/3 = 320$ 克),Ni为12克,石墨烯包覆铜粉为161g(石墨烯包覆铜粉中石墨烯的含量为1g,Cu的含量为 $480 \times 1/3 = 160$ 克),Ir为1克,Re为6克。

[0090] (2)将320克Cu、12克Ni、1克Ir和6克Re(合计339克)置于感应熔炼炉的氧化锆铜坩埚内,关闭炉门,抽真空至真空度 $< 3 \times 10^{-3}$ Pa,进行熔炼,待熔体冷却后再次重复熔炼1次,然后浇铸在直径为70mm的石墨模具内,冷却出炉后得到重量为339克的CuNiM中间合金。

[0091] (3)将步骤(2)得到的339克CuNiM中间合金和1500克Ag放在真空感应熔炼-气体雾化制粉设备的石墨坩埚内,经感应熔炼、 N_2 雾化,得到直径为0.025-0.07mm、形状为球形和类球形的AgCuNiM合金粉末;其中, N_2 纯度 $> 99.99\%$ 。

[0092] (4)将步骤(3)得到的AgCuNiM合金粉末和161克石墨烯包覆铜粉C@Cu在行星球磨机中混合10h,然后将均匀的混合粉末全部装入直径为69mm的石墨磨具中进行热压烧结,得到直径为65-69mm的烧结体;热压烧结的工艺参数为:真空度 $< 3 \times 10^{-3}$ Pa,温度750℃,保温时间45min,压力200KN。

[0093] (5)将步骤(4)得到的烧结体表面涂覆厚度0.5-1mm纯度大于99.99%的石墨乳,然后在电阻炉内750℃保温90min,之后在卧式挤压机上挤压成直径为8mm的银铜合金棒。

[0094] (6)将步骤(5)得到的银铜合金棒按照每道次小于20%的变形量进行冷轧制,得到直径为2.5mm的银铜合金棒。

[0095] (7)将步骤(6)得到的银铜合金棒在真空热处理炉内进行中间真空热处理,真空度 $< 3 \times 10^{-3}$ Pa,700℃保温90min,随炉冷却,得到热处理后的银铜合金棒。

[0096] (8)将步骤(7)得到的热处理后的银铜合金棒按照每道次小于15%的变形量进行冷拉拔,得到直径为0.7mm的银铜合金丝。

[0097] (9)重复步骤(7)和(8),得到直径为0.5mm的银铜合金丝。

[0098] (10)将步骤(9)得到的银铜合金丝经剥皮处理,去除表面厚度0.01mm,得到直径为0.48mm的银铜合金丝。

[0099] (11)将步骤(10)得到的银铜合金丝按照每道次小于10%的变形量进行拉拔,经多道次拉拔,得到直径为0.15mm的银铜合金成品丝,即为滑环电刷用银铜合金丝。

[0100] 实施例4-21

[0101] 实施例4-21中滑环电刷用银铜合金丝的组成见表1,制备步骤和工艺参数与实施例1相同。

[0102] 对比例1

[0103] 市售三元银铜镍合金丝(直径为0.25mm),按质量百分比计,由78%的Ag、20%的Cu和2%的Ni组成。

[0104] 对比例2

[0105] 市售三元银铜镍合金丝(直径为0.25mm),按质量百分比计,由74%的Ag、25%的Cu和1%的Ni组成。

[0106] 表1 实施例1-21中的滑环电刷用银铜合金丝的成分组成

	滑环电刷用银铜合金丝的成分组成/Wt.%
实施例 1	75Ag-24Cu-0.5Ni-0.05C-0.05Ir-0.25W-0.15V
实施例 2	75Ag-24Cu-0.65Ni-0.05C-0.05Ir-0.25W
实施例 3	75Ag-24Cu-0.6Ni-0.05C-0.05Ir-0.3Re
实施例 4	75Ag-24Cu-0.7Ni-0.05C-0.05Ir-0.2Fe
实施例 5	75Ag-24Cu-0.65Ni-0.05C-0.05Ir-0.25V
实施例 6	75Ag-24Cu-0.3Ni-0.05C-0.05Ir-0.25W-0.1Re-0.1Fe-0.15V
实施例 7	74.5Ag-24Cu-0.7Ni-0.05C-0.05Pt-0.05Ru-0.25W-0.15Re-0.2Fe-0.05V
实施例 8	74.5Ag-24.8Cu-0.5Ni-0.05C-0.05Ir-0.05Pt-0.05Rh
实施例 9	74.5Ag-24.8Cu-0.5Ni-0.05C-0.05Ir-0.05Pt-0.05Ru
实施例 10	74.5Ag-24.8Cu-0.55Ni-0.05C-0.05Ir-0.05Pt
实施例 11	74.5Ag-24.8Cu-0.55Ni-0.05C-0.05Ir-0.05Ru
实施例 12	74.5Ag-24.8Cu-0.55Ni-0.05C-0.05Ir-0.05Rh
实施例 13	74.4Ag-25Cu-0.5Ni-0.05C-0.05Ir
实施例 14	74.4Ag-25Cu-0.5Ni-0.05C-0.05Pt
实施例 15	74.4Ag-25Cu-0.5Ni-0.05C-0.05Rh
实施例 16	74.1Ag-25Cu-0.65Ni-0.05C-0.05W-0.05Re-0.05Fe-0.05V
实施例 17	74.5Ag-24Cu-0.65Ni-0.05C-0.2W-0.2Re-0.2Fe-0.2V
实施例 18	73Ag-24.5Cu-0.45Ni-0.05C-0.5W-0.5Re-0.5Fe-0.5V
实施例 19	74.5Ag-25Cu-0.35Ni-0.05C-0.05W-0.05Fe
实施例 20	74.5Ag-25Cu-0.35Ni-0.05C-0.05Re-0.05Fe
实施例 21	74.5Ag-25Cu-0.35Ni-0.05C-0.05W-0.05V

[0107] [0108] 使用寿命的测试示意图见图2,实施例1-21和对比例1-2中银铜合金的性能测定结果见表2。

[0109] 表2实施例1-21和对比例1-2中银铜合金的性能

[0110]

	电导率 /%IACS (25℃)	电阻率 / $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ (25℃)	显微硬 度/HV (25℃)	弹性模 量/GPa (25℃)	屈服强 度/MPa (25℃)	屈服强 度/MPa (250℃)	使用寿 命/万转 (25℃)
对比例 1	68	2.5	170	80	600	400	800
对比例 2	75	2.3	180	80	600	400	800
实施例 1	90	1.9	210	90	750	680	1500
实施例 2	88.2	1.95	205	95	740	725	1150
实施例 3	84.5	2.04	198	97	790	740	1200
实施例 4	82.5	2.09	215	92	800	700	1250
实施例 5	83.1	2.07	207	100	730	670	1180
实施例 6	82.5	2.09	220	98	800	700	1200
实施例 7	81.8	2.11	225	105	800	700	1250
实施例 8	83.1	2.07	215	105	850	780	1300
实施例 9	84.5	2.03	220	100	880	790	1400
实施例 10	88.4	1.95	210	98	830	770	1350
实施例 11	89.9	1.92	205	93	870	740	1250
实施例 12	87.6	1.96	197	97	850	780	1200
实施例 13	79.2	2.18	195	92	780	750	1150
实施例 14	76.1	2.26	196	90	800	690	1130
实施例 15	77.9	2.21	200	95	810	710	1200
实施例 16	82.5	2.09	205	97	850	765	1250
实施例 17	78	2.2	205	100	820	700	1300
实施例 18	75	2.3	230	110	850	730	1280
实施例 19	84.6	2.04	210	115	870	750	1400
实施例 20	79.2	2.18	208	120	860	740	1350
实施例 21	80.5	2.14	215	110	830	760	1300

[0111] 由表2可以看出,本发明提供的银铜合金丝的电导率 $>75\%$ IACS,显微硬度 $>195\text{HV}$,弹性模量 $>90\text{GPa}$,室温 25°C 屈服强度 $>700\text{MPa}$, 250°C 屈服强度 $>650\text{MPa}$,使用寿命 >1100 万转,性能明显优于市售三元银铜镍合金丝。

[0112] 以上,仅为本申请较佳的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

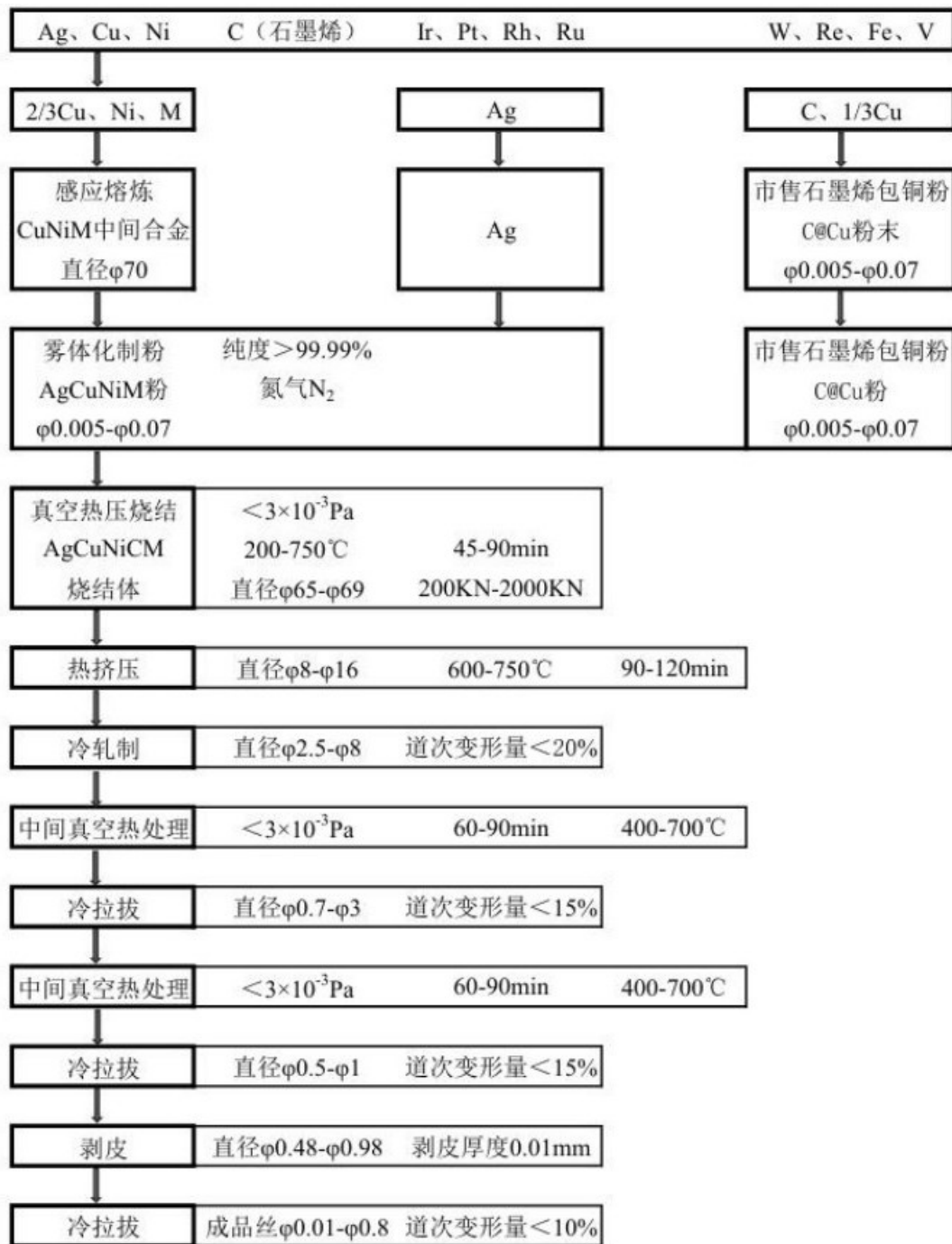


图 1

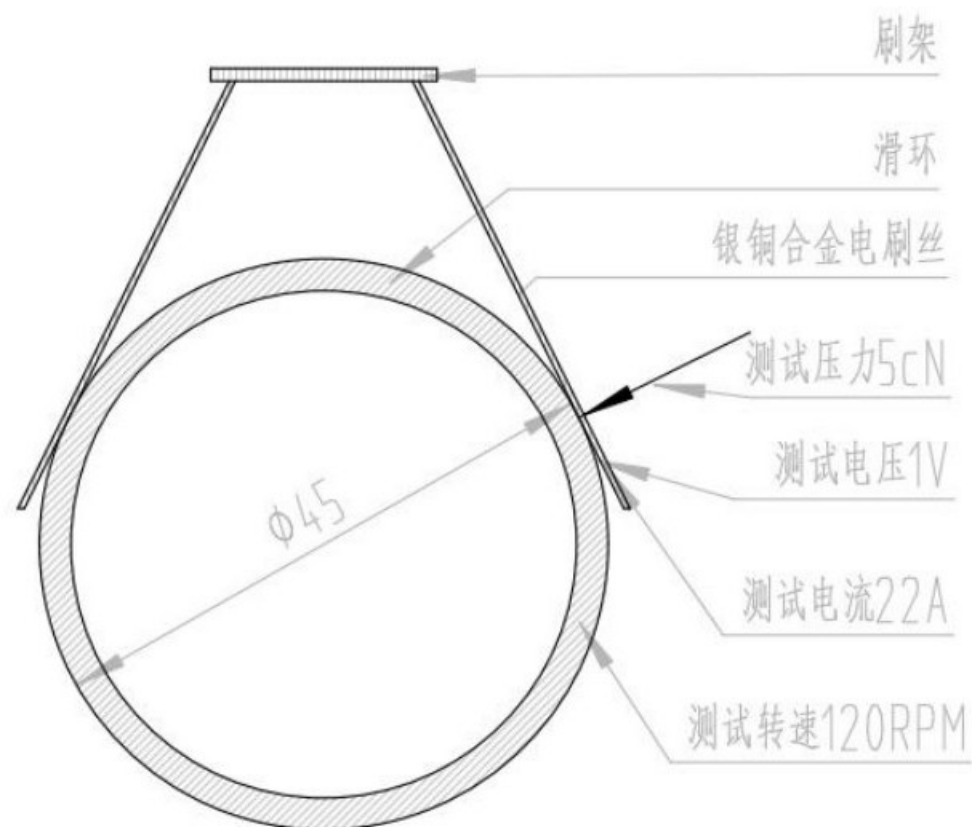


图 2