



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109887769 B

(45)授权公告日 2020.06.19

(21)申请号 201910049059.2

B22D 23/04(2006.01)

(22)申请日 2019.01.18

B22F 3/11(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109887769 A

(56)对比文件

CN 204242827 U,2015.04.01,

CN 207823964 U,2018.09.07,

CN 106475563 A,2017.03.08,

CN 107498047 A,2017.12.22,

CN 104209520 A,2014.12.17,

JP 2001351451 A,2001.12.21,

JP 2001138069 A,2001.05.22,

(43)申请公布日 2019.06.14

(73)专利权人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

审查员 杨瑞昆

(72)发明人 鲁中良 李坚 李涤尘 夏园林

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任

公司 61200

代理人 徐文权

(51)Int.Cl.

H01H 1/021(2006.01)

H01H 1/025(2006.01)

H01H 11/04(2006.01)

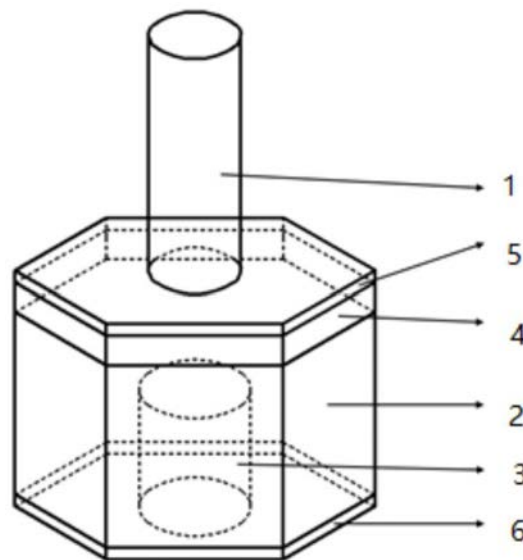
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头及制备方法

(57)摘要

本发明公开了基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头及制备方法,本发明的电触头通过设计来控制钨铜合金中钨铜材料的分布以及钨铜比的大小。传统的制造方法制造出的钨铜合金电触头材料中,钨铜分布不均匀,显微组织粗大,局部微观组织均匀化不完全,产品的形状受到限制,不能完全发挥材料的潜力。本发明能够在设计阶段通过控制每一层的空隙率来控制最终产品的钨铜固相比,本发明通过建模保证孔隙率,再通过激光选区成型制造出钨合金骨架,然后再在孔隙中渗入铜合金,实现精确控制电触头前端结构中钨铜材料分布以及钨铜比大小。



1. 基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 电触头包括钨合金骨架, 钨合金骨架包括底座和铜合金杆(1), 铜合金杆(1)固定在底座上, 底座的下层为小三角形拼成的网状结构(2), 网状结构(2)的孔隙率为30%~40%, 网状结构(2)最下部为致密结构, 网状结构(2)的底部设置有一个中空的凹槽(3), 底座的上层为随高度增加孔隙率呈梯度下降的空心蜂窝状结构(4), 空心蜂窝状结构底部孔隙率为30%~40%, 顶部孔隙率为20%~25%;

网状结构(2)和空心蜂窝状结构(4)内均填充有铜合金溶液;

制备方法包括以下步骤:

步骤一, 通过选区激光成型来制备钨合金骨架; 通过凝胶注膜工艺制备耐高温的陶瓷模具, 陶瓷模具的内壁与钨合金骨架大小相同;

步骤二, 将陶瓷模具固定在钨合金骨架的上层;

步骤三, 高温真空下加热制备熔融态铜合金;

步骤四, 将制备的铜合金溶液在真空环境中经陶瓷模具中的陶瓷管渗入到钨合金骨架中, 并充满钨合金骨架的网状结构(2)和空心蜂窝状结构(4)中;

步骤五, 控制冷却温度使铜合金定向凝固, 得到单方向生长的定向晶;

步骤六, 将陶瓷模具去除, 最终得到铜钨电触头。

2. 根据权利要求1所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 钨合金骨架中铜合金的含量占总体百分比的0%~40%。

3. 根据权利要求1所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 步骤一中, 钨合金骨架的制作方法如下:

第一步, 用UG建立钨骨架模型, 然后将所建模型导出为STL格式, 再将其导入分层软件Magics中切片, 生成SLC文件;

第二步, 将SLC文件导入到激光金属3D打印机, 通过激光选区烧结钨合金粉末来制备具有梯度致密度的钨合金骨架, 打印材料为球形钨合金粉末。

4. 根据权利要求3所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 球形钨合金粉末在庚烷中球磨24h, 粒径为5 μ m~25 μ m, 打印机激光头功率为200W~300W, 打印层厚为25 μ m~50 μ m, 打印速度为50mm/s~500mm/s。

5. 根据权利要求1所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 耐高温的陶瓷模具的制备方法如下:

在真空环境中将配好的石英陶瓷浆料通过凝胶注膜工艺注入到模具中, 将浇筑完成的零件放入冷冻干燥机中, 然后使用液氮冷冻后将树脂模具脱离, 得到浇筑铜合金熔液所需的高温陶瓷模具。

6. 根据权利要求1所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 熔融态铜合金的制备方法如下:

在即将融化的铜粉中加入质量比为铜粉0.1%~1.5%的Ni粉、Co粉或Fe粉, 球磨均匀后, 然后将混合粉末在1200 $^{\circ}$ C~1400 $^{\circ}$ C下融化, 得到铜合金熔液。

7. 根据权利要求1所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法, 其特征在于, 步骤四中, 使用设备为LMC冷却真空定向凝固炉, 在真空度为0.08MPa, 炉内温度为1200 $^{\circ}$ C~1400 $^{\circ}$ C, 氩气气氛下, 将铜合金熔液通过陶瓷管上方的浇口浇筑到钨合金骨

架中的网状结构(2)和空心蜂窝状结构(4)中,并充满空腔。

8.根据权利要求1所述的基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法,其特征在于,步骤五中,在LMC冷却真空定向凝固炉中,氩气气氛下,控制LMC冷却真空定向凝固炉的真空度为0.08MPa,炉内温度为1200℃~1400℃,冷却环冷却机理为水冷,温度为50℃~100℃,将电触头从下往上逐渐通过冷却环,抽拉速度为3~5mm/min,使铜合金定向凝固,得到柱状晶的铜合金。

基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头及制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于钨铜合金制备复杂高性能材料领域,具体涉及一种基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头及制备方法。

背景技术

[0002] 电触头是高压电器开关的重要部件,由于钨铜复合材料高的耐压强度和耐电烧蚀性能,被广泛应用于电触头以及高压电器的电极材料。传统的钨铜合金的制备方法为烧结-熔渗法和混粉烧结法,但由于钨铜材料不相熔,是一种典型的假合金,所以烧结致密化困难,孔隙率较高且不容易控制,这会极大地影响电触头的使用效果和使用寿命,并且由于产品的形状、材料均布程度受到限制等问题,从而不能最大限度发挥材料的潜力,所以找到一种能够控制钨铜合金固相分布和固相比的方法对提高其导电导热性能、耐电烧蚀性能和力学性能会起到很大的作用。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服上述不足,提供基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头及制备方法,通过建立打印模型来控制孔隙率和孔隙分布,然后使用3DLMP-250激光金属3D打印机打印出钨合金骨架,然后在高温高真空下定向凝固,制造出触头主体钨铜固相分布均匀并且呈梯度变化,铜杆与触头接触部位无较大界面层的电触头结构,该电触头钨铜固相比较大,密度小,导电导热性能好,耐电烧蚀性能好,能显著提高其使用效果和使用寿命。

[0004] 为了达到上述目的,基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头,包括钨合金骨架,钨合金骨架包括底座和铜合金杆,铜合金杆固定在底座上,底座的下层为小三角形拼成的网状结构,网状结构的孔隙率为30%~40%,网状结构最下部为致密结构,网状结构的底部设置有一个中空的凹槽,底座的上层为随高度增加孔隙率呈梯度下降的空心蜂窝状结构,空心蜂窝状结构底部孔隙率为30%~40%,顶部孔隙率为20%~25%;

[0005] 网状结构和空心蜂窝状结构内均填充有铜合金溶液。

[0006] 钨合金骨架中铜合金的含量占总体百分比的0%~40%。

[0007] 基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤一,通过选区激光成型来制备钨合金骨架;通过凝胶注膜工艺制备耐高温的陶瓷模具,陶瓷模具的内壁与钨合金骨架大小相同;

[0009] 步骤二,将陶瓷模具固定在钨合金骨架的上层;

[0010] 步骤三,高温真空下加热制备熔融态铜合金;

[0011] 步骤四,将制备的铜合金溶液在真空环境中经陶瓷模具中的陶瓷管渗入到钨合金骨架中,并充满钨合金骨架的网状结构和空心蜂窝状结构中;

[0012] 步骤五,控制冷却温度使铜合金定向凝固,得到单方向生长的定向晶;

[0013] 步骤六,将陶瓷模具去除,最终得到铜钨电触头。

[0014] 步骤一中,钨合金骨架的制作方法如下:

[0015] 第一步,用UG建立钨骨架模型,然后将所建模型导出为STL格式,再将其导入分层软件Magics中切片,生成SLC文件;

[0016] 第二步,将SLC文件导入到激光金属3D打印机,通过激光选区烧结钨合金粉末来制备具有梯度致密度的钨合金骨架,打印材料为球形钨合金粉末。

[0017] 球形钨合金粉末在庚烷中球磨24h,粒径为 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,打印机激光头功率为200W \sim 300W,打印层厚为 $25\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$,打印速度为50mm/s \sim 500mm/s。

[0018] 耐高温的陶瓷模具的制备方法如下:

[0019] 在真空环境中将配好的石英陶瓷浆料通过凝胶注膜工艺注入到模具中,将浇筑完成的零件放入冷冻干燥机中,然后使用液氮冷冻后将树脂模具脱离,得到浇筑铜合金熔液所需的高温陶瓷模具。

[0020] 熔融态铜合金的制备方法如下:

[0021] 在即将融化的铜粉中加入质量比为铜粉0.1% \sim 1.5%的Ni粉、Co粉或Fe粉,球磨均匀后,然后将混合粉末在 $1200^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$ 下融化,得到铜合金熔液。

[0022] 步骤四中,使用设备为LMC冷却真空定向凝固炉,在真空度为0.08MPa,炉内温度为 $1200^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$,氩气气氛下,将铜合金熔液通过陶瓷管上方的浇口浇筑到钨合金骨架中的网状结构和空心蜂窝状结构中,并充满空腔。

[0023] 步骤五中,在LMC冷却真空定向凝固炉中,氩气气氛下,控制LMC冷却真空定向凝固炉的真空度为0.08MPa,炉内温度为 $1200^{\circ}\text{C}\sim 1400^{\circ}\text{C}$,冷却环冷却机理为水冷,温度为 $50^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$,将电触头从下往上逐渐通过冷却环,抽拉速度为3 \sim 5mm/min,使铜合金定向凝固,得到柱状晶的铜合金。

[0024] 与现有技术相比,本发明的电触头通过设计来控制钨铜合金中钨铜材料的分布以及钨铜比的大小。传统的制造方法制造出的钨铜合金电触头材料中,钨铜分布不均匀,显微组织粗大,局部微观组织均匀化不完全,产品的形状受到限制,不能完全发挥材料的潜力。本发明能够在设计阶段通过控制每一层的空隙率来控制最终产品的钨铜固相比,本发明通过建模保证孔隙率,再通过激光选区成型制造出钨合金骨架,然后再在孔隙中渗入铜合金,实现精确控制电触头前端结构中钨铜材料分布以及钨铜比大小。在铜合金杆的连接部位,本申请采用梯度减小孔隙率的方式,使铜合金杆与钨合金材料连接处无较大明显界面层,可以提高结构的力学性能和使用寿命。

[0025] 进一步的,钨合金基体中铜合金的含量在0% \sim 40%之间时,铜合金的含量越大,钨铜材料的导电导热性能越好,但其硬度却有所下降。而通过设计钨合金骨架的结构可以显著地提高电触头的整体硬度,从而可以在保证电触头硬度符合要求的前提下尽可能提高铜合金的占比,提高电触头的导电导热性能。

[0026] 本发明的方法通过选区激光成型来制备钨合金骨架,能够制造传统方式很难实现的复杂结构,并且基于选区激光成型技术来制备电触头,更易实现能够提高电触头的耐电烧蚀性能和导热性能的中空结构;本发明在高真空环境下渗入铜合金,可以减小合金材料的孔隙率,目前的烧结熔渗法可以使钨铜合金致密度达到94% \sim 95%,而通过真空熔渗法,可以使铜合金更好地充满空腔,使钨铜合金的致密度达到99%以上;本发明通过控制冷却温度使铜合金定向凝固,生长成想要的晶粒,这样不但可以减少晶粒之间的界面层,提高其

导电导热性能,也因为钨铜合金中的铜与铜合金杆中的铜是一起生长,所以也可以减小铜合金杆与钨合金骨架之间比较大的界面层,提高其力学性能。

[0027] 进一步的,本发明通过设计可以精确控制钨基体中铜材料的分布和比例,实验证明铜合金在钨相中分布得越均匀,越可以更好地将钨合金材料的耐磨性、耐电烧蚀性和铜合金材料的导电、导热性相结合,制造出性能优良的电触头结构。

附图说明

[0028] 图1为本发明的结构示意图;

[0029] 图2为本发明中小三角形拼成的网状结构的截面视图;

[0030] 图3为本发明中空蜂窝状结构的垂直截面视图;

[0031] 图4为耐高温陶瓷模具结构示意图;

[0032] 其中,1、铜合金杆;2、网状结构;3、凹槽;4、空心蜂窝状结构;5、铜合金层;6、钨合金层;7、陶瓷模具;8、空心圆柱。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0034] 参见图1、图2和图3,基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头,包括钨合金骨架,钨合金骨架包括底座和铜合金杆1,铜合金杆1固定在底座上,底座的下层为小三角形拼成的网状结构2,高度为15mm,网状结构2的孔隙率为30%~40%,网状结构2最下部1mm~2mm为致密结构,网状结构2的底部设置有一个中空的凹槽3,凹槽3深为5mm~10mm,底座的上层为随高度增加孔隙率呈梯度下降的空心蜂窝状结构4,高度为2mm,空心蜂窝状结构底部孔隙率为30%~40%,顶部孔隙率为20%~25%;

[0035] 网状结构2和空心蜂窝状结构4内均填充有铜合金溶液。

[0036] 钨合金骨架中铜合金的含量占总体百分比的0%~40%。

[0037] 参见图1至图4,基于选区激光成型的梯度功能钨铜材料电触头的制备方法,包括以下步骤:

[0038] 步骤一,通过选区激光成型来制备钨合金骨架;通过凝胶注膜工艺制备耐高温的陶瓷模具,陶瓷模具的内壁与钨合金骨架大小相同;

[0039] 步骤二,将陶瓷模具固定在钨合金骨架的上层,其下层内上表面与钨合金骨架上表面相距1mm~2mm,侧面则与钨合金骨架紧密配合;

[0040] 步骤三,高温真空下加热制备熔融态铜合金;

[0041] 步骤四,将制备的铜合金溶液在真空环境中经陶瓷模具中的陶瓷管渗入到钨合金骨架中,并充满钨合金骨架的网状结构2和空心蜂窝状结构4中;

[0042] 步骤五,控制冷却温度使铜合金定向凝固,得到单方向生长的定向晶;

[0043] 步骤六,将陶瓷模具去除,最终得到铜钨电触头。

[0044] 步骤一中,钨合金骨架的制作方法如下:

[0045] 第一步,用UG建立钨骨架模型,然后将所建模型导出为STL格式,再将其导入分层软件Magics中切片,生成SLC文件;

[0046] 第二步,将SLC文件导入到激光金属3D打印机,通过激光选区烧结钨合金粉末来制

备具有梯度致密度的钨合金骨架,打印材料为球形钨合金粉末。

[0047] 球形钨合金粉末在庚烷中球磨24h,粒径为 $5\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$,打印机激光头功率为200W \sim 300W,打印层厚为 $25\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$,打印速度为 $50\text{mm/s}\sim 500\text{mm/s}$ 。

[0048] 耐高温的陶瓷模具的制备方法如下:

[0049] 使用光固化打印机打印下层为正六边形结构,其内壁与钨合金骨架大小相同,外壁边长比内壁长 $3\text{mm}\sim 6\text{mm}$,下层高度为 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$;上层为空心圆柱形结构,其内壁为 $\Phi 5\text{mm}\sim \Phi 10\text{mm}$ 、外壁为 $\Phi 10\text{mm}\sim \Phi 15\text{mm}$,高度为 $10\text{mm}\sim 15\text{mm}$,上下层壁厚均为 $0.5\text{mm}\sim 1\text{mm}$ 的树脂模具,其下层内壁边缘有 $6\sim 10$ 个直径为 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$,壁厚为 $0.5\text{mm}\sim 1\text{mm}$,高度为 $1\text{mm}\sim 2\text{mm}$ 的空心圆柱。

[0050] 在真空环境中将配好的石英陶瓷浆料通过凝胶注膜工艺注入到模具中,将浇筑完成的零件放入冷冻干燥机中,然后使用液氮冷冻后将树脂模具脱离,得到浇筑铜合金熔液所需的高温陶瓷模具。

[0051] 熔融态铜合金的制备方法如下:

[0052] 在即将融化的铜粉中加入质量比为铜粉 $0.1\%\sim 1.5\%$ 的Ni粉、Co粉或Fe粉,球磨24h均匀后,然后将混合粉末在 $1200^\circ\text{C}\sim 1400^\circ\text{C}$ 下融化,得到铜合金熔液。

[0053] 步骤四中,使用设备为LMC冷却真空定向凝固炉,在真空度为 0.08MPa ,炉内温度为 $1200^\circ\text{C}\sim 1400^\circ\text{C}$,氩气气氛下,将铜合金熔液通过陶瓷管上方的浇口浇筑到钨合金骨架中的网状结构2和空心蜂窝状结构4中,并充满空腔。

[0054] 步骤五中,在LMC冷却真空定向凝固炉中,氩气气氛下,控制LMC冷却真空定向凝固炉的真空度为 0.08MPa ,炉内温度为 $1200^\circ\text{C}\sim 1400^\circ\text{C}$,冷却环冷却机理为水冷,温度为 $50^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$,将电触头从下往上逐渐通过冷却环,抽拉速度为 $3\sim 5\text{mm/min}$,使铜合金定向凝固,得到柱状晶的铜合金。

[0055] 使用3D打印技术可以对钨合金基体中铜合金材料的比例和分布进行设计,从而可以使铜合金在钨合金基体中均匀分布。通过选区激光成型来制作钨合金骨架,还有一个优点就是可以制作复杂结构的钨合金骨架,从而可以设计更好的结构来提高电触头的导电导热性能,不再被传统的制造方法所限制。

[0056] 通过控制冷却温度使其定向凝固,生长成想要的晶粒,这样不但可以减少晶粒之间的界面层,提高其导电导热性能,也因为钨铜合金中的铜与铜合金杆中的铜是一起生长的,所以也可以避免铜合金杆与钨合金骨架之间产生比较大的界面层,提高其力学性能。

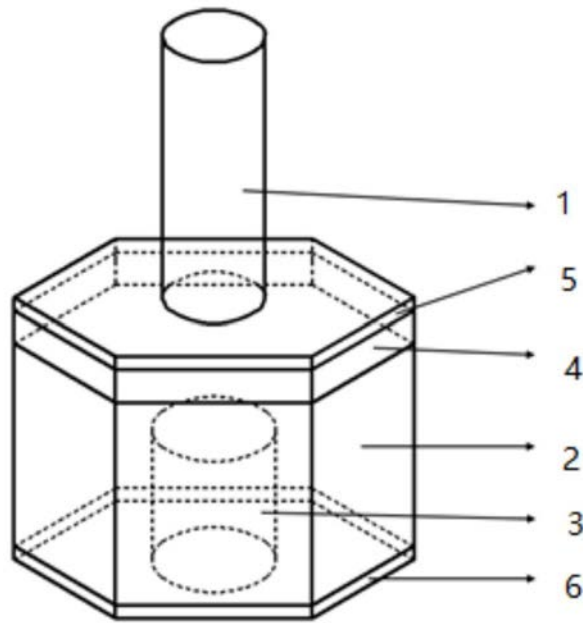


图1

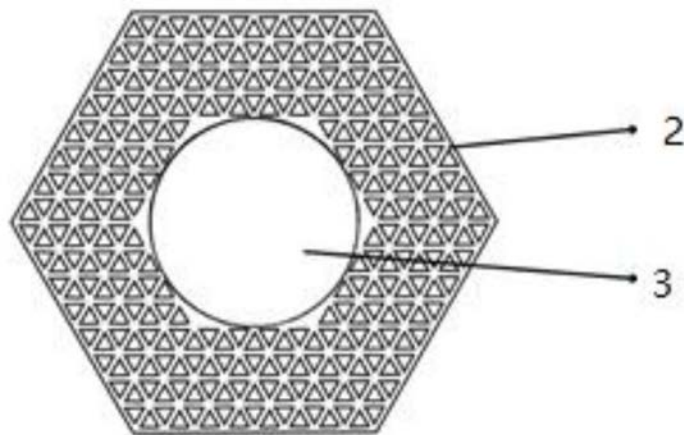


图2

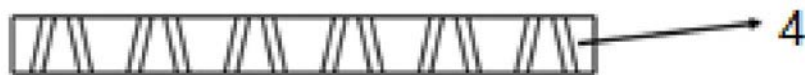


图3

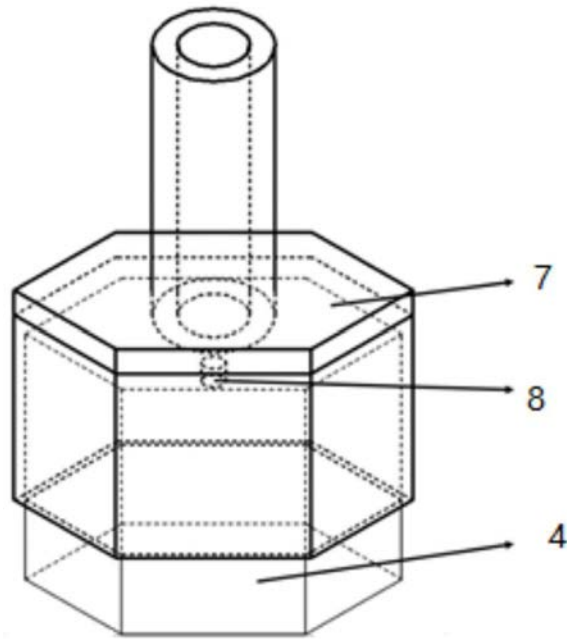


图4