



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114193106 A

(43) 申请公布日 2022.03.18

(21) 申请号 202210046957.4

(22) 申请日 2022.01.14

(71) 申请人 西安天力金属复合材料股份有限公司

地址 710201 陕西省西安市经济技术开发区泾渭工业园西金路19号

(72) 发明人 董运涛 樊科社 朱磊 龙裕轩

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213
代理人 马小燕

(51) Int. Cl.

B23P 15/00 (2006.01)

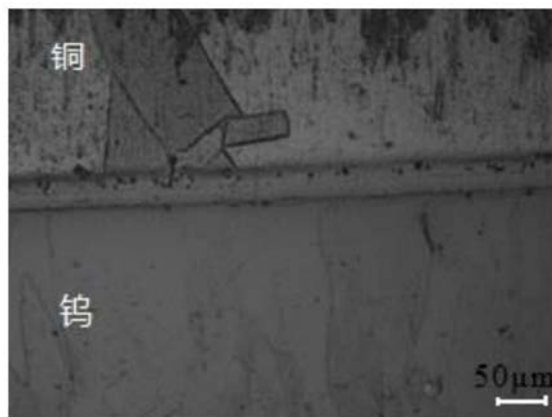
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,该方法包括:一、准备具有内孔的钨基材料和铜基棒材;二、制备钨基材料装配体和铜基棒芯装配体;三、对铜基棒芯装配体进行辉光清洗和真空离子镀沉积,得到沉积铜基棒芯装配体;四、将钨基材料装配体和铜基棒芯装配体装配得到钨/铜组合体;五、将钨/铜组合体进行真空扩散焊得到钨/铜复合坯体;六、去除钨/铜复合坯体中内孔及端部多余铜基材料得到钨/铜复合模块。本发明采用真空多弧等离子镀沉积在铜基棒芯装配体表面制备金属薄膜以连接结合钨基材料与铜基材料,通过优化结合界面成分获得成分过渡的冶金结合界面,优化了连接界面的组织结构,提高了钨/铜复合模块的使用寿命。



1. 一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、准备原料:准备具有内孔的钨基材料和铜基棒材,其中,钨基材料的内径为 ϕ mm,外径为 Φ mm,长度为L mm,铜基棒材的直径较钨基材料的内径 ϕ 大8 mm以上;所述钨基材料为钨或钨合金材料,所述铜基棒材为铜棒材或铜合金棒材;

步骤二、机械加工:采用机械法对步骤一中准备的钨基材料的内孔表面进行磨削加工,得到钨基材料装配体,然后采用车削加工将步骤一中准备的铜基棒材加工成铜基棒芯,并采用机械法对铜基棒芯的外圆表面进行磨削加工,得到由底座和芯体组成的铜基棒芯装配体,其中,钨基材料装配体的长度L与铜基棒芯装配体的长度H满足: $H=L+(5\sim 6)$ mm,钨基材料装配体的内径 ϕ 与铜基棒芯装配体的芯体外径d满足: $\phi=d+(0.02\sim 0.06)$ mm,底座的高度 $h=2\sim 3$ mm,底座的外径 $D=d+(6\sim 8)$ mm;

步骤三、真空离子镀:对步骤二中得到的铜基棒芯装配体进行超声波清洗和脱水干燥,然后装入多弧离子镀膜机进行辉光清洗,再进行真空离子镀沉积,得到沉积铜基棒芯装配体;

步骤四、清理装配:采用分析纯乙醇或丙酮对步骤二中得到的钨基材料装配体和步骤三中得到的沉积铜基棒芯装配体进行清洗,然后将清洗后的沉积铜基棒芯装配体插入清洗后的钨基材料装配体的内孔中,得到钨/铜组合体;

步骤五、真空扩散焊:将步骤三中得到的钨/铜组合体放置于真空热压烧结炉中,然后在钨/铜组合体与真空热压烧结炉的上压头、下压头/底座接触区域均铺设石墨纸,并进行真空扩散焊,得到钨/铜复合坯体;

步骤六、机加整形:采用机械法去除步骤五中得到的钨/铜复合坯体中钨基材料内孔及端部多余的铜基材料,从而在钨基材料的内孔表面复合铜基材料,得到钨/铜复合模块。

2. 根据权利要求1所述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤二中所述钨基材料装配体的内孔表面和铜基棒芯装配体的外圆表面的粗糙度不低于Ra0.8。

3. 根据权利要求1所述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤三中所述超声波清洗采用分析纯乙醇,清洗时间为10 min~15 min;所述辉光清洗的具体过程为:启动真空系统,待工作室残余气体压力在 6.0×10^{-3} Pa以下时启动加热系统,待工作室温度达到 $240^{\circ}\text{C}\sim 280^{\circ}\text{C}$ 时,调整偏压至600 V~700 V、氩气流量至130 sccm~180 sccm进行清洗12 min~18 min。

4. 根据权利要求1所述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤三中所述真空离子镀沉积选用Cu-Cr-Fe系合金靶材,Cu-Cr-Fe系合金靶材由以下质量含量的成分组成:Cr 1.2%~2.6%,Fe 2.0%~2.8%,余量为Cu;所述真空离子镀沉积的工艺参数为:基体偏压800 V~900 V,靶电流40 A~60 A,氩气流量90 sccm~110 sccm,沉积时间180 min~210 min。

5. 根据权利要求1所述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤五中所述真空扩散焊的具体过程为:启动液压系统调整压力至2.2 MPa~3.8 MPa,待压力稳定后关闭真空热压烧结炉的炉门并启动真空系统抽去炉体内的空气,待炉体内残余空气的压力低于 9.0×10^{-3} Pa时启动加热系统进行加热,当炉温升至 $850^{\circ}\text{C}\sim 870^{\circ}\text{C}$

℃后保温20min~30min,继续以不超过3℃/min的速度升温至900℃~960℃并保温保压90min~120min,再以不超过5℃/min的速度降温至500℃,随炉降温至100℃以下出炉。

一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法

技术领域

[0001] 本发明属于复合材料制备技术领域,具体涉及一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法。

背景技术

[0002] 金属钨具有极高的熔点,极低的蒸汽压,良好的导热性和高温强度,特别是物理溅射过程中具有高的能量临界值,不形成氢化物等物理、化学性质,已成为核聚变反应装置中面向等离子体的首选材料。核聚变过程中,为避免钨材料内部热量聚集,需要将其与热沉材料(DSCu或CuCrZr铜合金)连接起来。同时,为进一步缓解连接界面的热应力,需要在二者之间设置0.5~5mm厚的纯铜(TU1)作为过渡层。实际应用中,单块式钨/铜复合模块的基本形式如图1所示。其结构特点为:(1)金属钨的内部含有通孔,并且通孔的截面形状为圆形;(2)材料构成方面,由外向里依次为钨、纯铜层、铜合金层,并且相邻两层之间具备一定的结合力。

[0003] 目前,单块式钨/铜复合模块的加工分两个步骤完成:步骤一,在金属钨的内孔表面复合一定厚度的纯铜层;步骤二,在纯铜层的表面复合铜合金层。针对步骤一,在金属钨的内孔表面复合铜的加工方法主要有热等静压法、爆炸焊接法及物理/化学气相沉积法三种。热等静压法可以通过界面成分设计实现钨和铜的冶金结合,也可以实现通孔内壁厚复层铜的复合,并且高压(>50MPa)的惰性气体有利于结合界面多种缺陷的消除,相对较低的连接温度也有利于获得细晶组织,因此热等静压法是目前钨/铜复合模块加工的主要方法。但热等静压法生产工艺十分复杂,造成加工成本居高不下;加工过程涉及高温高压的惰性气体,存在较大的安全风险;需要专门的加工设备,结构复杂,一次性投入很高等,这些因素一定程度上限制了产品的推广应用。爆炸焊接法在金属复合棒、复合管等圆形、环形截面的复合产品加工方面独具优势,但其产品的结合界面以机械结合为主,不利于部件疲劳寿命的提高,特别是对于钨和铜这种线膨胀系数相差很大的金属组合,界面附近存在很大的应力集中,严重影响产品的使用寿命。另一方面,钨的脆性很大,复合过程中难以承受炸药爆炸产生的巨大冲击力而发生破碎,从而造成产品的成品率很低。此外,当钨的内孔孔径小于20mm时,炸药很容易拒爆,这些因素一定程度上限制了爆炸焊接法的应用。物理/化学气相沉积法涵盖了一大类不同原理的沉积方法,可以实现绝大多数金属层的沉积,也可实现复杂形状表面的复合。但随着沉积层厚度的增加,其组织内部缺陷数量显著增多,通常总厚度仅在微米级范围内变动,而本专利涉及的铜层厚度为毫米级。此外,物理/化学气相沉积法的加工成本很高,不适合进行大尺寸,厚复层产品的沉积复合。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足,提供一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法。该方法采用真空多弧等离子体沉积在铜基棒芯装配体表面制备金属薄膜以连接结合钨基材料与铜基材料,通过优化结合界面成分,获得具有

成分过渡的冶金结合界面,优化了钨基材料与铜基材料连接界面的组织结构,提高了钨/铜复合模块的使用寿命。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

[0006] 步骤一、准备原料:准备具有内孔的钨基材料和铜基棒材,其中,钨基材料的内径为 ϕ mm,外径为 Φ mm,长度为Lmm,铜基棒材的直径较钨基材料的内径 ϕ 大8mm以上;所述钨基材料为钨或钨合金材料,所述铜基棒材为铜棒材或铜合金棒材;

[0007] 步骤二、机械加工:采用机械法对步骤一中准备的钨基材料的内孔表面进行磨削加工,得到钨基材料装配体,然后采用车削加工将步骤一中准备的铜基棒材加工成铜基棒芯,并采用机械法对铜基棒芯的外圆表面进行磨削加工,得到由底座和芯体组成的铜基棒芯装配体,其中,钨基材料装配体的长度L与铜基棒芯装配体的长度H满足: $H=L+(5\sim 6)$ mm,钨基材料装配体的内径 ϕ 与铜基棒芯装配体的芯体外径d满足: $\phi=d+(0.02\sim 0.06)$ mm,底座的高度 $h=2\sim 3$ mm,底座的外径 $D=d+(6\sim 8)$ mm;

[0008] 步骤三、真空离子镀:对步骤二中得到的铜基棒芯装配体进行超声波清洗和脱水干燥,然后装入多弧离子镀膜机进行辉光清洗,再进行真空离子镀沉积,得到沉积铜基棒芯装配体;

[0009] 步骤四、清理装配:采用分析纯乙醇或丙酮对步骤二中得到的钨基材料装配体和步骤三中得到的沉积铜基棒芯装配体进行清洗,然后将清洗后的沉积铜基棒芯装配体插入清洗后的钨基材料装配体的内孔中,得到钨/铜组合体;

[0010] 步骤五、真空扩散焊:将步骤三中得到的钨/铜组合体放置于真空热压烧结炉中,然后在钨/铜组合体与真空热压烧结炉的上压头、下压头/底座接触区域均铺设石墨纸,并进行真空扩散焊,得到钨/铜复合坯体;

[0011] 步骤六、机加整形:采用机械法去除步骤五中得到的钨/铜复合坯体中钨基材料内孔及端部多余的铜基材料,从而在钨基材料的内孔表面复合铜基材料,得到钨/铜复合模块。

[0012] 本发明从钨基材料的基本外形尺寸出发,对其进行磨削加工得到钨基材料装配体,并设计加工具有匹配形状、尺寸的铜基棒芯装配体,使得两者的外形尺寸、表面粗糙度形成对应,然后对铜基棒芯装配体进行超声波清洗和辉光清洗,为后续表面物理沉积做好准备,再采用真空多弧等离子镀在清洗后的铜基棒芯装配体表面进行沉积,制备具有一定成分和厚度的金属薄膜;将清洗后的沉积铜基棒芯装配体插入清洗后的钨基材料装配体装配得到钨/铜组合体,以铜基棒芯装配体表面的金属薄膜为媒介,借助真空扩散焊工艺实现钨基材料与铜基材料的有效连接,最后借助机加整形去除多余的铜基材料,从而实现在钨基材料的内孔表面复合铜基材料,得到钨/铜复合模块。本发明的加工过程中,采用真空多弧等离子镀沉积在铜基棒芯装配体表面制备金属薄膜以连接结合钨基材料与铜基材料,通过优化结合界面成分,获得具有成分过渡的冶金结合界面,优化了钨基材料与铜基材料连接界面的组织结构,提高了钨/铜复合模块的使用寿命,同时,本发明的真空扩散焊过程中采用热压复合,使得钨铜界面附近的铜基材料流动性提高,进而铜基材料的填充能力提高,有利于消除微观组织缺陷,改善组织,提高了钨/铜复合模块中的钨基材料与铜基材料界面结合强度。

[0013] 上述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤二中所述钨基材料装配体的内孔表面和铜基棒芯装配体的外圆表面的粗糙度不低于Ra0.8。

[0014] 上述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤三中所述超声波清洗采用分析纯乙醇,清洗时间为10min~15min;所述辉光清洗的具体过程为:启动真空系统,待工作室残余气体压力在 6.0×10^{-3} Pa以下时启动加热系统,待工作室温度达到240℃~280℃时,调整偏压至600V~700V、氩气流量至130sccm~180sccm进行清洗12min~18min。

[0015] 上述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤三中所述真空离子镀沉积选用Cu-Cr-Fe系合金靶材,Cu-Cr-Fe系合金靶材由以下质量含量的成分组成:Cr 1.2%~2.6%,Fe 2.0%~2.8%,余量为Cu;所述真空离子镀沉积的工艺参数为:基体偏压800V~900V,靶电流40A~60A,氩气流量90sccm~110sccm,沉积时间180min~210min;

[0016] 上述的一种在钨基材料的内孔表面复合铜基材料的加工方法,其特征在于,步骤五中所述真空扩散焊的具体过程为:启动液压系统调整压力至2.2MPa~3.8MPa,待压力稳定后关闭真空热压烧结炉的炉门并启动真空系统抽去炉体内的空气,待炉体内残余空气的压力低于 9.0×10^{-3} Pa时启动加热系统进行加热,当炉温升至850℃~870℃后保温20min~30min,继续以不超过3℃/min的速度升温至900℃~960℃并保温保压90min~120min,再以不超过5℃/min的速度降温至500℃,随炉降温至100℃以下出炉。

[0017] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0018] 1、本发明采用真空多弧等离子镀沉积在铜基棒芯装配体表面制备金属薄膜以连接结合钨基材料与铜基材料,通过优化结合界面成分,获得具有成分过渡的冶金结合界面,优化了钨基材料与铜基材料的组织结构,提高了钨/铜复合模块的使用寿命。

[0019] 2、本发明的真空扩散焊过程中采用热压复合,使得钨基材料与铜基材料界面附近的铜基材料流动性提高,进而铜基材料的填充能力提高,有利于消除微观组织缺陷,改善组织,提高了钨/铜复合模块中的钨基材料与铜基材料界面结合强度。

[0020] 3、本发明的工艺简单,无需特殊设备,安全性好,且工艺适应性强,对钨基材料的内孔孔径及铜基材料厚度无特殊要求,成品率高,加工成本低,易于实现工业化应用。

[0021] 下面通过附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的详细描述。

附图说明

[0022] 图1为现有技术中单块式钨/铜复合模块的基本形式图。

[0023] 图2为本发明中钨基材料装配体的结构示意图。

[0024] 图3为本发明中铜基棒芯装配体的结构示意图。

[0025] 图4为本发明中钨/铜组合体的机构示意图。

[0026] 图5为本发明中钨/铜组合体的装炉结构示意图。

[0027] 图6为本发明实施例1制备的钨/铜复合模块的实物图。

[0028] 图7为本发明实施例1制备的钨/铜复合模块中钨与铜连接界面图。

具体实施方式

[0029] 实施例1

[0030] 本实施例包括以下步骤:

[0031] 步骤一、准备原料:准备具有内孔的金属钨和铜棒,其中,金属钨的材质为W1,内径为17mm,外径横截面为28mm×28mm的正方形,长度为12mm,铜棒的材质为TU1,直径为28mm;

[0032] 步骤二、机械加工:采用机械法对步骤一中准备的金属钨的内孔表面进行磨削加工至粗糙度为Ra0.8,得到内孔孔径 $\Phi = 18.10\text{mm}$ 的钨基材料装配体,如图2所示,然后采用车削加工将步骤一中准备的铜棒加工成铜芯,并采用机械法对铜芯的外圆表面进行磨削加工至粗糙度为Ra0.8,得到由底座和芯体组成的铜基棒芯装配体,如图3所示,其中,铜基棒芯装配体的长度 $H = 17\text{mm}$,铜基棒芯装配体的芯体外径 $d = 17.08\text{mm}$,底座的高度 $h = 2\text{mm}$,底座的外径 $D = 16.08\text{mm}$;

[0033] 步骤三、真空离子镀:采用分析纯乙醇对步骤二中得到的铜基棒芯装配体进行超声波清洗10min后脱水干燥,然后装入多弧离子镀膜机进行辉光清洗,再进行真空离子镀沉积,得到沉积铜基棒芯装配体;

[0034] 所述辉光清洗的具体过程为:启动真空系统,待工作室残余气体压力为 $6.0 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 时启动加热系统,待工作室温度达到 240°C 时,调整偏压至600V、氩气流量至130sccm进行清洗12min;

[0035] 所述真空离子镀沉积选用Cu-Cr-Fe系合金靶材,Cu-Cr-Fe系合金靶材由以下质量含量的成分组成:Cr 1.2%,Fe 2.0%,余量为Cu;所述真空离子镀沉积的工艺参数为:基体偏压800V,靶电流40A,氩气流量90sccm,沉积时间180min;

[0036] 步骤四、清理装配:采用分析纯乙醇对步骤二中得到的钨基材料装配体和步骤三中得到的沉积铜基棒芯装配体进行清洗,然后将清洗后的沉积铜基棒芯装配体插入清洗后的钨基材料装配体的内孔中,得到钨/铜组合体,如图4所示;

[0037] 步骤五、真空扩散焊:将步骤三中得到的钨/铜组合体放置于真空热压烧结炉中,然后在钨/铜组合体与真空热压烧结炉的上压头、底座接触区域均铺设石墨纸,如图5所示,图5中的基础即底座,并启动液压系统调整压力至2.2MPa,待压力稳定后关闭真空热压烧结炉的炉门并启动真空系统抽去炉体内的空气,待炉体内残余空气的压力为 $1.0 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 时启动加热系统进行加热,当炉温升至 850°C 后保温20min,继续以 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度升温至 960°C 并保温保压90min,再以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度降温至 500°C ,随炉降温至 30°C 出炉,得到钨/铜复合坯体;

[0038] 步骤六、机加整形:采用数控车床加工去除步骤五中得到的钨/铜复合坯体中金属钨内孔及端部多余的铜,从而在金属钨的内孔表面复合厚度2mm的铜,得到钨/铜复合模块,如图6所示。

[0039] 图7为本实施例制备的钨/铜复合模块中钨与铜连接界面图,从图7可知,该钨与铜界面结合良好,无孔洞、裂纹、夹渣等微观组织缺陷;经测试,该钨与铜界面剪切强度约为120MPa。

[0040] 本实施例中的金属钨还可替换为钨合金材料,所述铜棒还可替换为铜合金棒材。

[0041] 实施例2

[0042] 本实施例包括以下步骤:

[0043] 步骤一、准备原料:准备具有内孔的金属钨和铜棒,其中,金属钨的材质为W1,内径为40mm,外径为80mm,长度为25mm,铜棒的材质为TU2,直径为50mm;

[0044] 步骤二、机械加工:采用机械法对步骤一中准备的金属钨的内孔表面进行磨削加工至粗糙度为Ra0.4,得到内孔孔径 $\phi = 40.02\text{mm}$ 的钨基材料装配体,如图2所示,然后采用车削加工将步骤一中准备的铜棒加工成铜芯,并采用机械法对铜芯的外圆表面进行磨削加工至粗糙度为Ra0.4,得到由底座和芯体组成的铜基棒芯装配体,如图3所示,其中,铜基棒芯装配体的长度 $H = 31\text{mm}$,铜基棒芯装配体的芯体外径 $d = 39.96\text{mm}$,底座的高度 $h = 3\text{mm}$,底座的外径 $D = 47.96\text{mm}$;

[0045] 步骤三、真空离子镀:采用分析纯乙醇对步骤二中得到的铜基棒芯装配体进行超声波清洗15min后脱水干燥,然后装入多弧离子镀膜机进行辉光清洗,再进行真空离子镀沉积,得到沉积铜基棒芯装配体;

[0046] 所述辉光清洗的具体过程为:启动真空系统,待工作室残余气体压力为 $1.0 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 启动加热系统,待工作室温度达到 280°C 时,调整偏压至700V、氩气流量至180sccm进行清洗18min;

[0047] 所述真空离子镀沉积选用Cu-Cr-Fe系合金靶材,Cu-Cr-Fe系合金靶材由以下质量含量的成分组成:Cr 2.6%,Fe 2.8%,余量为Cu;所述真空离子镀沉积的工艺参数为:基体偏压900V,靶电流60A,氩气流量110sccm,沉积时间210min;

[0048] 步骤四、清理装配:采用丙酮对步骤二中得到的钨基材料装配体和步骤三中得到的铜基棒芯装配体进行清洗,然后将清洗后的铜基棒芯装配体插入清洗后的钨基材料装配体的内孔中,得到钨/铜组合体,如图4所示;

[0049] 步骤五、真空扩散焊:将步骤三中得到的钨/铜组合体放置于真空热压烧结炉中,然后在钨/铜组合体与真空热压烧结炉的上压头、底座接触区域均铺设石墨纸,如图5所示,图5中的基础即底座,并启动液压系统调整压力至3.8MPa,待压力稳定后关闭真空热压烧结炉的炉门并启动真空系统抽去炉体内的空气,待炉体内残余空气的压力为 $8.0 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 时启动加热系统进行加热,当炉温升至 870°C 后保温30min,继续以 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速度升温至 900°C 并保温保压120min,再以 $4^\circ\text{C}/\text{min}$ 的速度降温至 500°C ,随炉降温至 25°C 出炉,得到钨/铜复合坯体;

[0050] 步骤六、机加整形:采用数控车床加工去除步骤五中得到的钨/铜复合坯体中金属钨内孔及端部多余的铜,从而在金属钨的内孔表面复合厚度5mm的铜,得到钨/铜复合模块。

[0051] 本实施例中的金属钨还可替换为钨合金材料,所述铜棒还可替换为铜合金棒材。

[0052] 实施例3

[0053] 本实施例包括以下步骤:

[0054] 步骤一、准备原料:准备具有内孔的钨合金和铜棒,其中,钨合金的材质为W85Re15,内径为28mm,外径为80mm,长度为40mm,铜棒的材质为T1,直径为40mm;

[0055] 步骤二、机械加工:采用机械法对步骤一中准备的钨合金的内孔表面进行磨削加工至粗糙度为Ra0.2,得到内孔孔径 $\phi = 28.04\text{mm}$ 钨基材料装配体,如图2所示,然后采用车削加工将步骤一中准备的铜棒加工成铜芯,并采用机械法对铜芯的外圆表面进行磨削加工至粗糙度为Ra0.2,得到由底座和芯体组成的铜基棒芯装配体,如图3所示,其中,铜基棒芯装配体的长度 $H = 45.5\text{mm}$,铜基棒芯装配体的芯体外径 $d = 28.00\text{mm}$,底座的高度 $h = 2.5\text{mm}$,

底座的外径 $D=35.00\text{mm}$;

[0056] 步骤三、真空离子镀:采用分析纯乙醇对步骤二中得到的铜基棒芯装配体进行超声波清洗12min后脱水干燥,然后装入多弧离子镀膜机进行辉光清洗,再进行真空离子镀沉积,得到沉积铜基棒芯装配体;

[0057] 所述辉光清洗的具体过程为:启动真空系统,待工作室残余气体压力为 $8.0 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 时启动加热系统,待工作室温度达到 260°C 时,调整偏压至660V、氩气流量至160sccm进行清洗15min;

[0058] 所述真空离子镀沉积选用Cu-Cr-Fe系合金靶材,Cu-Cr-Fe系合金靶材由以下质量含量的成分组成:Cr 1.5%,Fe 2.4%,余量为Cu;所述真空离子镀沉积的工艺参数为:基体偏压900V,靶电流60A,氩气流量110sccm,沉积时间210min;

[0059] 步骤四、清理装配:采用丙酮对步骤二中得到的钨基材料装配体和步骤三中得到的沉积铜基棒芯装配体进行清洗,然后将清洗后的沉积铜基棒芯装配体插入清洗后的钨基材料装配体的内孔中,得到钨/铜组合体,如图4所示;

[0060] 步骤五、真空扩散焊:将步骤三中得到的钨/铜组合体放置于真空热压烧结炉中,然后在钨/铜组合体与真空热压烧结炉的上压头、底座接触区域均铺设石墨纸,如图5所示,图5中的基础即底座,并启动液压系统调整压力至3.0MPa,待压力稳定后关闭真空热压烧结炉的炉门并启动真空系统抽去炉体内的空气,待炉体内残余空气的压力为 $4.0 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 时启动加热系统进行加热,当炉温升至 860°C 后保温22min,继续以 $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度升温至 900°C 并保温保压110min,再以 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速度降温至 500°C ,随炉降温至 35°C 出炉,得到钨/铜复合坯体;

[0061] 步骤六、机加整形:采用数控车床加工去除步骤五中得到的钨/铜复合坯体中钨合金内孔及端部多余的铜,从而在钨合金的内孔表面复合厚度4mm的铜,得到钨/铜复合模块。

[0062] 本实施例中的钨合金还可替换为钨材料,所述铜棒还可替换为铜合金棒材。

[0063] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制。凡是根据发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

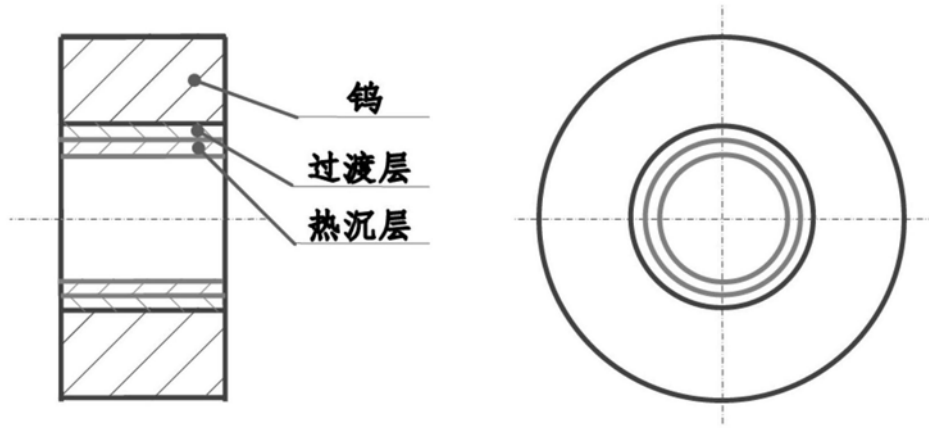


图1

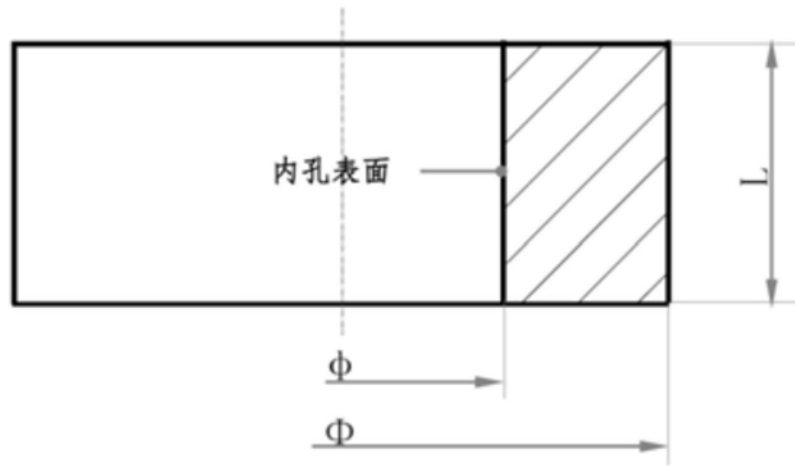


图2

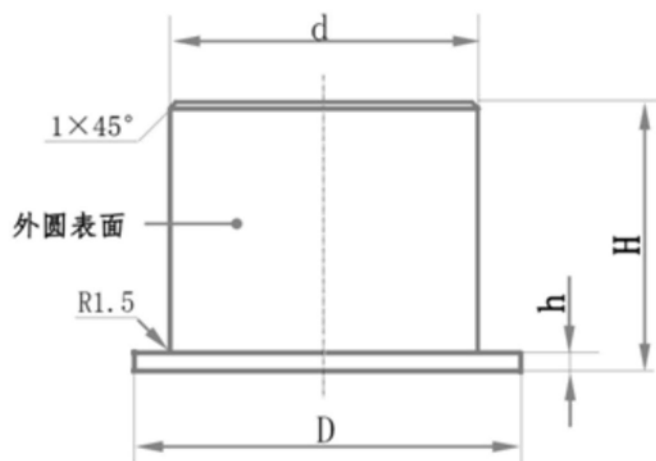


图3

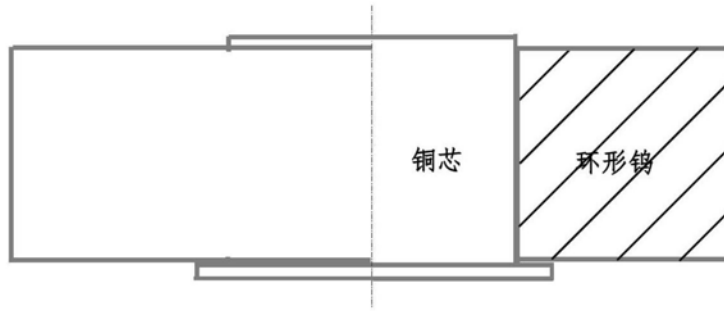


图4

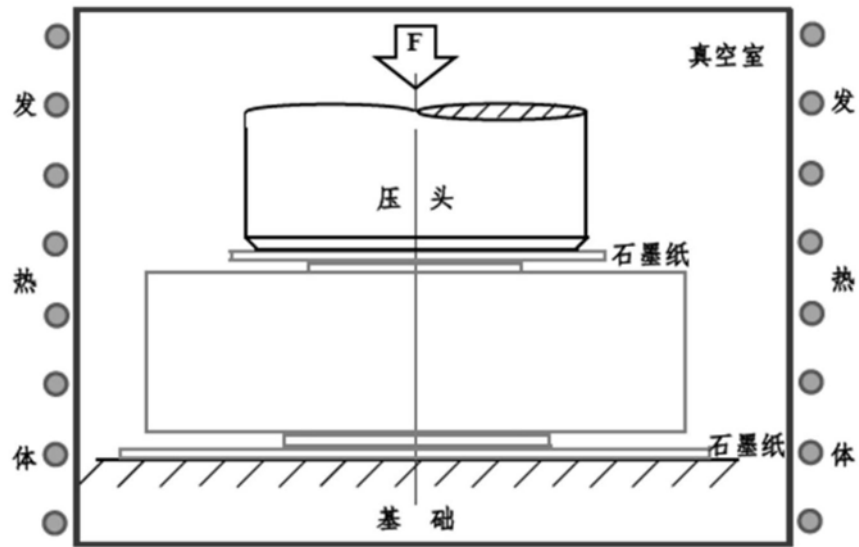


图5

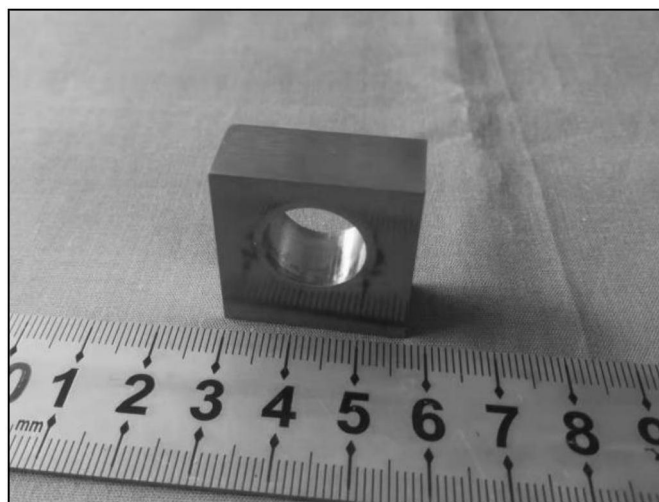


图6

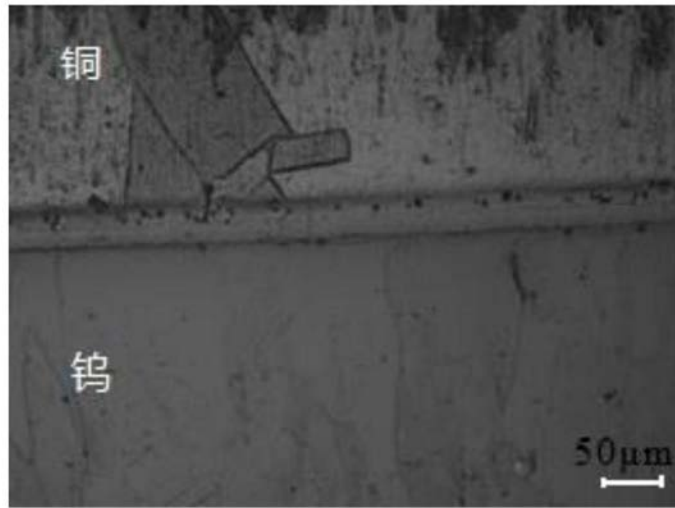


图7