



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110216277 A

(43)申请公布日 2019.09.10

(21)申请号 201910511072.5

(22)申请日 2019.06.13

(71)申请人 金堆城钼业股份有限公司

地址 710077 陕西省西安市高新区锦业一路88号

(72)发明人 张晓 安耿 罗建海 张菊平

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 王蕊转

(51)Int.Cl.

B22F 1/00(2006.01)

B22F 3/04(2006.01)

B22F 3/10(2006.01)

B22F 3/15(2006.01)

B22F 5/12(2006.01)

B22F 7/02(2006.01)

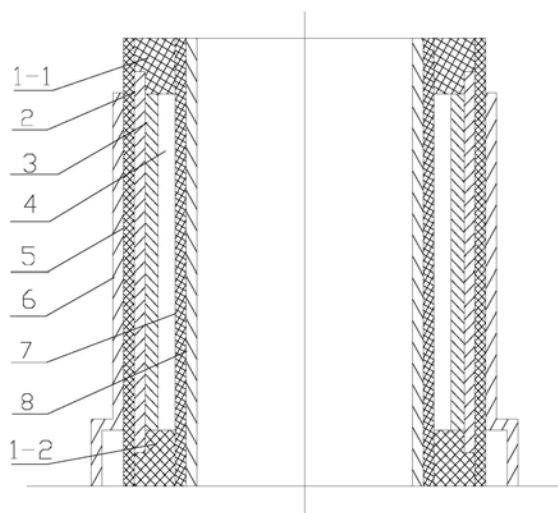
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种难熔金属复合管材的制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种难熔金属复合管材的制备方法,具体为:首先通过粘结剂造粒得到复合管材各层所需难熔金属造粒粉;然后将得到的难熔金属造粒粉分别通过难熔金属复合管材等静压成型模具从外至内逐层压制成型,得到双层或多层难熔金属管坯;依次对管坯进行预烧结和热等静压烧结,得到复合管材烧结坯,机加工,即得到难熔金属复合管材。本发明将管坯从外至内逐层压制成型,管材的尺寸与形位公差与烧结前相比偏离小;通过低温预烧结与热等静压烧结相结合的方式实现管坯致密化,使得管材显微组织细小均匀,界面结合良好,致密度不低于98.5%;最终得到的管材外尺寸精度高、减小了预留加工量、提高了原材粉末利用率。



1. 一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,具体按以下步骤实施:

步骤1,将复合管材各层所需要的原料粉末分别通过粘结剂造粒,获得难熔金属造粒粉;

步骤2,将步骤1得到的难熔金属造粒粉分别通过难熔金属复合管材等静压成型模具从外至内逐层压制成型,得到双层或多层难熔金属管坯;

步骤3,将步骤2得到的双层或多层难熔金属管坯依次进行预烧结和热等静压烧结,得到复合管材烧结坯,机加工,即得到难熔金属复合管材。

2. 根据权利要求1所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述步骤1中获得的难熔金属造粒粉流动速不大于45s/50g,松装密度不小于1.5g/cm³。

3. 根据权利要求1所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述步骤2中成型压力为160~200MPa,保压时间为6~15min。

4. 根据权利要求1所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述步骤3中预烧结具体为:将双层或多层难熔金属管坯放入烧结炉在露点为35℃~60℃的湿氢气氛下,先升温至600℃~900℃保温2h~5h,然后改为干氢气氛升温至1000~1200℃保温2h~5h。

5. 根据权利要求1所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述烧结具体为:将预烧结后的难熔金属复合管材放入热等静压包套抽真空密封后,置于热等静压炉中进行热等静压烧结,烧结温度为800℃~1500℃,压力为100Mpa~200Mpa,保温保压时间为2-6h。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,步骤2中所采用的等静压成型模具包括由内而外依次套设的内固定筒(8)、内橡胶筒(7)、外橡胶筒(5)和外固定筒(6),内橡胶筒(7)内壁紧贴内固定筒(8)外壁,外橡胶筒(5)和内橡胶筒(7)之间的腔体内设置有芯模(2),芯模(2)靠近外橡胶筒(5),芯模(2)与内橡胶筒(7)之间形成型腔(4),型腔(4)两端设置有端塞,形成密封的成型腔;内固定筒(8)上设置有用于注入孔注入冷等静压介质。

7. 根据权利要求6所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述芯模(2)为管状,芯模(2)外壁贴近外橡胶筒(5)。

8. 根据权利要求6所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述外固定筒(6)纵剖面为凸字形,筒体靠近下端的直径大于筒体其余部分直径。

9. 根据权利要求6所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述注入孔位于成型腔所在位置。

10. 根据权利要求6所述的一种难熔金属复合管材的制备方法,其特征在于,所述步骤2具体为:

2.1将步骤1所得管材第一层所需的难熔金属造粒粉填入型腔(4)中,密封等静压成型模具,放入冷等静压机中压制,然后卸压,吊出等静压成型模具;

2.2脱去等静压成型模具内固定筒(8)、内橡胶筒(7),露出在型腔(4)处形成的芯坯,对带有芯模(2)的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,然后按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒(7)、内固定筒(8),并将其与带有芯模(2)的芯坯重新组装,将步骤1所得的管材第二层难熔金属造粒粉装入模具型腔(4)内,压制;

2.3重复步骤2.2从外至内逐层进行管坯的压制,直到完成最后一层难熔金属造粒粉的压制,对管坯进行加工,脱去芯模,得到双层或多层难熔金属管坯。

一种难熔金属复合管材的制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属复合管材技术领域,涉及一种难熔金属复合管材的制备方法。

背景技术

[0002] 难熔金属及其合金具有熔点高、高温强度高优点,是重要的高温结构材料。难熔金属及其合金的使用温度与它们的熔点直接相关,目前使用较多的是钼合金、钨合金、铌合金等。由于钼合金存在低温脆性、焊接脆性、加工困难和抗高温氧化性差等缺点,其应用范围受到限制。Mo-Nb、Mo-W、Mo-Ta等为无限固溶合金,不存在高温相变或生成脆性相等问题,因此,在Mo中添加一定比例的W、Nb、Ta是提高钼基合金的性能的有效途径之一。同时向难熔金属基体中引入适量的第二相增强颗粒(稀土氧化物或陶瓷相),难熔金属基复合材料的性能显著高于难熔合金。

[0003] 考虑到实际应用中对材料性能的需求的特殊性,双层或多层管材可以满足难熔金属的功能性实现。现有双层或多层管材的几种可能制备工艺。铸造工艺,即设计专用铸造模具管为芯,芯外管浇铸成型,由于难熔金属熔点高,该工艺对设备要求高、生产成本低,不适用于难熔金属。焊接工艺,是在管与管配合界面区域填充熔点较低的软钎料及相应的助焊剂,如铅基焊料。界面一定厚度的助焊料层,在实现界面冶金结合的同时能够通过自身屈服形变降低与消除焊接件在冷却过程中产生的热应力,考虑到钼及钼合金的焊接脆性,还需进一步探索合适的助焊剂与焊接工艺。压力成型工艺,通过管与管装配后进行压力成型。通过钢管界面区域各自一定量形变,二者新鲜表面在较高温度、较大压应力的作用下实现界面冶金结合并具有较高的结合率。该工艺的缺点是压力成型过程中不能准确控制管的形变量,导致管的壁厚、内孔圆度、内孔同轴度等尺寸偏离。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种难熔金属复合管材的制备方法,用于制备尺寸精度高、性能良好的难熔金属复合管材。

[0005] 本发明所采用的技术方案是,一种难熔金属复合管材的制备方法,具体按以下步骤实施:

[0006] 步骤1,将复合管材各层所需要的原料粉末分别通过粘结剂造粒,获得难熔金属造粒粉;

[0007] 步骤2,将步骤1得到的难熔金属造粒粉分别通过难熔金属复合管材等静压成型模具从外至内逐层压制成型,得到双层或多层难熔金属管坯;

[0008] 步骤3,将步骤2得到的双层或多层难熔金属管坯依次进行预烧结和热等静压烧结,得到复合管材烧结坯,机加工,即得到难熔金属复合管材。

[0009] 本发明的特点还在于,

[0010] 步骤1中获得的难熔金属造粒粉流动速不大于45s/50g,松装密度不小于1.5g/cm³。

[0011] 步骤2中成型压力为160~200MPa,保压时间为6~15min。

[0012] 步骤3中预烧结具体为:将双层或多层难熔金属管坯放入烧结炉在露点为35℃~60℃的湿氢气氛下,先升温至600℃~900℃保温2h~5h,然后改为干氢气氛升温至1000~1200℃保温2h~5h。

[0013] 烧结具体为:将预烧结后的难熔金属复合管材放入热等静压包套抽真空密封后,置于热等静压炉中进行热等静压烧结,烧结温度为800℃~1500℃,压力为100Mpa~200Mpa,保温保压时间为2-6h。

[0014] 步骤2中所采用的等静压成型模具包括由内而外依次套设的内固定筒、内橡胶筒、外橡胶筒和外固定筒,内橡胶筒内壁紧贴内固定筒外壁,外橡胶筒和内橡胶筒之间的腔体内设置有芯模,芯模靠近外橡胶筒,芯模与内橡胶筒之间形成型腔,型腔两端设置有端塞,形成密封的成型腔;内固定筒上设置有用于注入孔注入冷等静压介质。

[0015] 芯模为管状,芯模外壁贴近外橡胶筒。

[0016] 外固定筒纵剖面为凸字形,筒体靠近下端的直径大于筒体其余部分直径。

[0017] 注入孔位于成型腔所在位置。

[0018] 步骤2具体为:

[0019] 2.1将步骤1所得管材第一层所需的难熔金属造粒粉填入型腔中,密封等静压成型模具,放入冷等静压机中压制,然后卸压,吊出等静压成型模具;

[0020] 2.2脱去等静压成型模具内固定筒、内橡胶筒,露出在型腔处形成的芯坯,对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,然后按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并将其与带有芯模的芯坯重新组装,将步骤1所得的管材第二层难熔金属造粒粉装入模具型腔内,压制;

[0021] 2.3重复步骤2.2从外至内逐层进行管坯的压制,直到完成最后一层难熔金属造粒粉的压制,对管坯进行加工,脱去芯模,得到双层或多层难熔金属管坯。

[0022] 本发明的有益效果是,

[0023] 1、本发明采用粘结剂造粒粉末为原料,粉末填充性能好,且粘结剂有效提高管材双层或多层复合管坯强度,利于后续工艺操作;且等静压成型管坯密度一致性好,后期烧结变形小。

[0024] 2、本发明采用钢性芯模,管坯外壁尺寸精度高,直接通过基材管外壁定位,从外至内逐层压制成型,管材的尺寸和形位公差与烧结前相比偏离小。

[0025] 3、本发明通过低温预烧结与热等静压烧结相结合的方式实现管坯致密化,使得制备得到复合管材不仅界面结合良好、致密度高(不低于98.5%),且由于烧结温度低,显微组织细小、均匀。

[0026] 4、本发明制备的复合管材外尺寸精度高、减小了预留加工量、提高了原材粉末利用率;部分使用高性能粉末极大提高了产品的使用性能。

[0027] 5、本发明不仅适合于难熔金属双层或多层复合金属管材的制备外,还可应用于其他双层或多层金属管材的复合成型。

附图说明

[0028] 图1是本发明所采用等静压成型模具的结构示意图。

[0029] 图中,1-1.上端塞,1-2.下端塞,2.芯模,3.芯坯,4.型腔,5.外橡胶筒,6.外固定筒,7.内橡胶筒,8.内固定筒。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0031] 本发明一种难熔金属复合管材的制备方法,具体按以下步骤实施:

[0032] 步骤1,将复合管材各层所需要的原料粉末分别通过粘结剂造粒,获得难熔金属造粒粉;

[0033] 难熔金属造粒方法可为喷雾造粒、抛丸造粒等,要求获得的难熔金属造粒粉流动速度不大于45s/50g,松装密度不小于 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0034] 步骤2,将步骤1得到的难熔金属造粒粉分别通过难熔金属复合管材等静压成型模具从外至内逐层压制成型,得到压坯;

[0035] 所采用的难熔金属复合管材等静压成型模具,其结构如图1所示,包括由内而外依次套设的内固定筒8、内橡胶筒7、外橡胶筒5和外固定筒6,内橡胶筒7内壁紧贴内固定筒8外壁,外橡胶筒5外壁贴近外固定筒6内壁,外橡胶筒5和内橡胶筒7之间的腔体内设置有芯模2,芯模2靠近外橡胶筒5,芯模2与内橡胶筒7之间形成型腔4,型腔4两端分别设置有上端塞1-1和下端塞1-2,形成密封的成型腔。

[0036] 其中芯模2、内固定筒8、外固定筒6均为刚性模具。

[0037] 芯模2为管状,内表面光滑。

[0038] 外固定筒6为凸型筒,即纵剖面为凸字形,筒体靠近下端的直径大于筒体其余部分直径。凸型筒保证底部与外橡胶筒5、内固定筒8、内橡胶筒7底部相平,利于固定橡胶筒保证外形尺寸。

[0039] 内固定筒8上设有用于向内固定筒8与内橡胶套7之间注入冷等静压介质的注入孔,注入孔位于成型腔所在位置。

[0040] 上端塞1-1和下端塞1-2靠近芯模2一侧均设置有下陷的台面,芯模2位于下陷的台面上,即在端塞和外橡胶筒5之间形成插槽,芯模2位于插槽内。

[0041] 芯模2下端位于外固定筒6直径较大处,芯模2上端所在位置高于外固定筒6顶部,外向橡胶筒5高度高于外固定筒6。

[0042] 上端塞1-1和下端塞1-2的高度均为40~100mm,内、外橡胶筒厚度均为5~10mm,内、外固定筒的厚度均为5~10mm,注入孔的孔径为10~15mm。

[0043] 端塞、内橡胶筒7、内固定筒8需根据管材不同结构层配合芯模2及其他结构更换。

[0044] 难熔金属造粒粉的压坯成型过程具体为:

[0045] 2.1根据所需要制备的难熔金属复合管材的外径尺寸要求,选取芯模2,在内固定筒8外罩内橡胶筒7,底部放置下端塞1-2,下端塞1-2上放置芯模2,芯模2外置外橡胶筒5,密封外橡胶筒5和芯模2接触部位底部以及外橡胶筒5和内固定筒8底部,并在外橡胶筒5外安装外固定筒6;将步骤1得到的管坯内部第一层难熔金属造粒粉A填入型腔4中,在外橡胶筒5上部安装端塞1-1,密封。

[0046] 上述密封方式可以都是采用在筒体外安装束缚结构进行密封,比如采用金属丝在所密封部位绕周缠绕紧固。因此:

[0047] 外橡胶筒5和芯模2接触部位底部的密封方式为:采用金属丝在外橡胶筒5外缠绕于芯模2下端与外橡胶筒5接触的部位,且缠绕位于外固定筒6直径增大的筒体与外橡胶筒5形成的空腔内。

[0048] 外橡胶筒5和内固定筒8底部的密封可以是在靠近外固定筒6下端缠绕金属丝实现密封。

[0049] 2.2将填装好的模具放入冷等静压机中压制,控制成型压力为160~200MPa,保压6~15min,卸压。

[0050] 压制过程中冷等静压介质通过注入孔进入模具内橡胶筒7与内固定筒8之间的缝隙,作用于内橡胶筒7,使其向外压缩、管坯成型。

[0051] 2.3从冷等静压机中吊出模具,脱去内固定筒、内橡胶筒7,露出在型腔处形成的芯坯3,对带有芯模2的芯坯3进行修整,保证芯坯3的内孔形规则,然后按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒7、内固定筒8,并将其与带有芯模的芯坯重新组装,将步骤1所得的管材第二层难熔金属造粒粉B装入等静压模具,按照步骤2.1要求进行压制;

[0052] 2.4重复步骤2.3从外至内逐层进行管坯的压制,直到完成最后一层难熔金属造粒粉的压制,对管坯进行加工,脱去芯模2,得到双层或多层难熔金属管坯。

[0053] 通过该方法保证了压坯外壁尺寸精准,直接通过基材管外壁定位,减小了预留加工量,同时获得了压坯密度一致性好的难熔金属管坯。

[0054] 步骤3,将步骤2得到的压坯放入烧结炉在露点为35℃~60℃的湿氢气氛下,先升温至600℃~900℃保温2h~5h,然后改为干氢气氛升温至1000~1200℃保温2h~5h,获得难熔金属复合管材预烧结坯。

[0055] 步骤4,将步骤3得到的预烧结坯放入热等静压包套抽真空,真空度需要达到 10×10^{-3} Pa以下密封,密封后置于热等静压炉中进行热等静压烧结,烧结温度为800℃~1500℃,压力为100Mpa~200Mpa,保温保压时间为2~6h,获得烧结坯。

[0056] 步骤5,对步骤4得到的复合管材烧结坯机加工,获得难熔金属复合管材。

[0057] 实施例1

[0058] 步骤1、将MoCu10、MoCu30粉分别采用添加粘结剂PVA离心喷雾造粒,得到造粒粉末,粉末流动速分别为37s/50g、38.5s/50g,松装密度为1.72g/cm³、1.67g/cm³。

[0059] 步骤2、将步骤1所得纯钼造粒粉末通过难熔金属管材等静压成型模具在190MPa压制6mim成型,得到MoCu30芯坯;对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的更换端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有MoCu30芯坯的芯模重新组装密封芯模底部,然后将步骤1所得MoCu10造粒填充在MoCu30芯坯与内橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制10mim成型,对MoCu30/MoCu10双层复合压坯进行修整,脱去芯模得到MoCu30/MoCu10复合管坯。

[0060] 步骤3、将步骤2所得压坯放入烧结炉在露点为60℃的湿氢气氛下,先升温至800℃保温4h,然后改为干氢气氛升温至1000℃保温4h,烧结致密获得MoCu30/MoCu10双层复合管预烧结坯。

[0061] 步骤4、将步骤3所得预烧结坯放入热等静压包套,抽真空到 9×10^{-3} Pa,密封包套,

将密封好的包套放入热等静压机进行热等静压,热等静压烧结温度为800℃;压力为150Mpa,保温保压时间2h,获得复合管材烧结坯。

[0062] 步骤5、将步骤4所得复合管材烧结坯机加工得到MoCu30/MoCu10难熔金属复合管材。该管材致密度为99.4%,组织细小,两层结合强度高,管材外壁导热导电性好。

[0063] 实施例2

[0064] 步骤1、将纯钼、钼-氧化锆粉分别采用添加粘结剂PVB抛丸造粒,得到造粒粉末,粉末流动速分别为40s/50g、41s/50g,松装密度为1.53g/cm³、1.59g/cm³。

[0065] 步骤2、将步骤1所得钼-氧化锆造粒粉末通过难熔金属管材等静压成型模具在190MPa压制8mim成型,得到钼-氧化锆芯坯;对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有芯模的钼-氧化锆芯坯重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得纯钼造粒填充在钼-氧化锆芯坯与橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制12mim成型,得到钼-氧化锆/纯钼芯坯;对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,然后再与带有芯模的钼-氧化锆/纯钼芯坯重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得钼-氧化锆造粒填充在纯钼芯坯与内橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制15mim成型,对钼-氧化锆/纯钼/钼-氧化锆复合压坯进行修整,脱去芯模得到钼-氧化锆/纯钼/钼-氧化锆复合管坯。

[0066] 步骤3、将步骤2所得压坯放入烧结炉在露点为35℃的湿氢气氛下,先升温至700℃保温2h,然后改为干氢气氛升温至1150℃保温2h,烧结致密获得钼-氧化锆/纯钼/钼-氧化锆复合管材预烧结坯。

[0067] 步骤4、将步骤2所得预烧结坯放入热等静压包套,抽真空到 5×10^{-3} Pa,密封包套,将密封好的包套放入热等静压机进行热等静压,热等静压烧结温度为1250℃;压力为100Mpa,保温保压时间6h,获得复合管材烧结坯。

[0068] 步骤5、将步骤4所得复合管材烧结坯机加工得到钼-氧化锆/纯钼/钼-氧化锆复合管材。该管材致密度为99.5%,组织细小,各层结合强度高,管材内外壁耐腐蚀性好。

[0069] 实施例3

[0070] 步骤1、将纯钼粉、钼-钨粉分别采用添加粘结剂PVA、PVB喷雾造粒,得到造粒粉末,粉末流动速分别为39.6s/50g、35.3s/50g,松装密度为1.68g/cm³、1.81g/cm³。

[0071] 步骤2、将步骤1所得钼-钨造粒粉末通过难熔金属管材等静压成型模具在200MPa压制10mim成型,得到钼-钨芯坯;对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有芯模的钼-钨芯坯重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得纯钼造粒填充在钼-钨芯坯与橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在200MPa压制10mim成型,得到钼-钨/纯钼芯坯;对钼-钨/纯钼复合压坯进行修整,脱去芯模得到钼-钨/纯钼复合管坯。

[0072] 步骤3、将步骤2所得压坯放入烧结炉在露点为50℃的湿氢气氛下,先升温至900℃保温3h,然后改为干氢气氛升温至1200℃保温3h,烧结致密获得钼-钨/纯钼复合管材预烧结坯。

[0073] 步骤4、将步骤3所得预烧结坯放入热等静压包套,抽真空到 7×10^{-3} Pa,密封包套,将密封好的包套放入热等静压机进行热等静压,热等静压烧结温度为 1350°C ;压力为200Mpa,保温保压时间5h,获得复合管材烧结坯。

[0074] 步骤5、将步骤4所得复合管材烧结坯机加工得到钼-钨/纯钼复合管材。该管材致密度为99.2%,组织细小,两层结合强度高,管材外壁强度高耐磨性好。

[0075] 实施例4

[0076] 步骤1、将纯钼粉、钼铌粉分别采用添加粘结剂PVA喷雾造粒,得到造粒粉末,粉末流动速分别为40s/50g、41.7s/50g,松装密度为 $1.59\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.55\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0077] 步骤2、将步骤1所得钼铌造粒粉末通过双层或多层难熔金属管材等静压成型模具在180MPa压制10mim成型,得到钼铌芯坯;对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有芯模的钼铌芯坯重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得纯钼造粒填充在钼铌芯坯与内橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在180MPa压制15mim成型,得到钼铌/纯钼芯坯;对钼铌/纯钼复合压坯进行修整,脱去芯模得到钼铌/纯钼双层复合管坯。

[0078] 步骤3、将步骤2所得压坯放入烧结炉在露点为 40°C 的湿氢气氛下,先升温至 600°C 保温5h,然后改为干氢气氛升温至 1100°C 保温5h,烧结致密获得钼铌/纯钼双层复合管材预烧结坯。

[0079] 步骤4、将步骤3所得预烧结坯放入热等静压包套,抽真空到 6.5×10^{-3} Pa,密封包套,将密封好的包套放入热等静压机进行热等静压,热等静压烧结温度为 1500°C ;压力为180Mpa,保温保压时间4h,获得复合管材烧结坯。

[0080] 步骤5、将步骤4所得复合管材烧结坯机加工得到钼铌/纯钼复合管材。该管材致密度为99.6%,组织细小均匀,两层结合强度高,管材外壁耐磨性好。

[0081] 实施例5

[0082] 步骤1、将MoCu10、MoCu30、MoCu50粉分别采用添加粘结剂PVA离心喷雾造粒,得到造粒粉末,粉末流动速分别为37s/50g、38.5s/50g、42s/50g,松装密度为 $1.72\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.67\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.56\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0083] 步骤2、将步骤1所得MoCu50造粒粉末通过难熔金属管材等静压成型模具在160MPa压制8mim成型,得到MoCu50芯坯;对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则,按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有芯模的MoCu50芯坯重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得MoCu30造粒填充在MoCu50芯坯与橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制12mim成型,得到MoCu50/MoCu30芯坯,对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则;

[0084] 按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有芯模的MoCu50/MoCu30芯坯重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得MoCu10造粒填充在MoCu50/MoCu30芯坯与橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制12mim成型,得到MoCu50/MoCu30/MoCu10芯坯,对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则;

[0085] 按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的端塞、内橡胶筒、内固定筒,并与带有芯模的MoCu50/MoCu30/MoCu10芯坯重新组装密封芯模底部,将步骤1所得MoCu30造粒填充在MoCu50/MoCu30/MoCu10芯坯与橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制12mim成型,得到MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30芯坯,对带有芯模的芯坯进行修整,保证芯坯的内孔形规则;

[0086] 按照所需压制的管材下一层的厚度更换相应尺寸的更换端塞、内橡胶筒、内固定筒,然后再与带有芯模的MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30芯坯3重新组装,密封芯模底部,将步骤1所得MoCu50造粒填充在MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30芯坯3与内橡胶筒、端塞形成的成型腔内,在橡胶筒上部安装好端塞1-1,密封后,将模具整体放入等静压在190MPa压制15mim成型,对MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30/MoCu50复合压坯进行修整,脱去芯模得到MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30/MoCu50复合管坯。

[0087] 步骤3、将步骤2所得压坯放入烧结炉在露点为40℃的湿氢气氛下,先升温至650℃保温2h,然后改为干氢气氛升温至850℃保温3h,烧结致密获得MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30/MoCu50复合管材预烧结坯。

[0088] 步骤4、将步骤2所得预烧结坯放入热等静压包套,抽真空到 6×10^{-3} Pa,密封包套,将密封好的包套放入热等静压机进行热等静压,热等静压烧结温度为800℃;压力为100Mpa,保温保压时间4h,获得复合管材烧结坯。

[0089] 步骤5、将步骤4所得复合管材烧结坯机加工得到MoCu50/MoCu30/MoCu10/MoCu30/MoCu50复合管材。该管材致密度为99.6%,组织细小,各层结合强度高,管材内外导热导电性好。

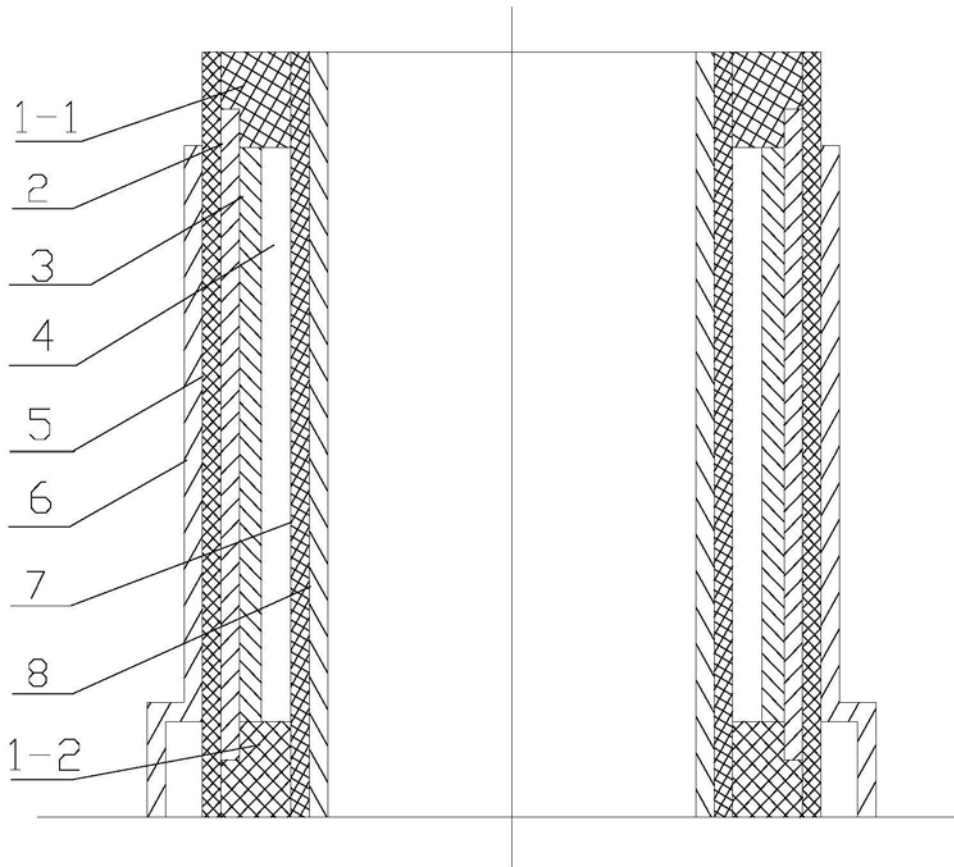


图1