



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118635524 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 13

(21) 申请号 202410694464.0

B22F 10/32 (2021. 01)

(22) 申请日 2024. 05. 31

B22F 10/34 (2021. 01)

B22F 1/065 (2022. 01)

(71) 申请人 西安特种设备检验检测院

C22C 19/05 (2006. 01)

地址 710065 陕西省西安市高新区团结南路69号

C22C 38/44 (2006. 01)

申请人 西安石油大学 西安建筑科技大学

C22C 38/04 (2006. 01)

C22C 38/02 (2006. 01)

(72) 发明人 刘金娥 鲁元 陈梦诗 负柯

B22F 5/12 (2006. 01)

杨旭 丁勇 张雅荣 李德标

B22F 7/06 (2006. 01)

毕成 郑杰

B33Y 10/00 (2015. 01)

B33Y 70/00 (2020. 01)

(74) 专利代理机构 西安启诚专利知识产权代理

事务所(普通合伙) 61240

专利代理师 冯亮

(51) Int. Cl .

B22F 10/25 (2021. 01)

B22F 10/38 (2021. 01)

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

异种金属管道的激光立体成形连接方法

(57) 摘要

本发明公开了一种异种金属管道的激光立体成形连接方法,包括以下步骤:步骤一、对镍基合金粉末和不锈钢粉末进行预处理;步骤二、通过自动激光立体成形设备,以氩气作为保护气体,采用多路同步旁轴送粉系统进行双连续送粉,制备得到异种金属管道连接接头。本发明的方法以镍基合金粉末和不锈钢粉末为主要原料,经激光立体成形技术,基于双连续的多路同步旁轴送粉,制备得到包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段的异种金属管道,该异种金属管道不存在各管段连接的明显界面,管道整体显微组织、成分和性能未出现突变,可针对性解决传统连接管段连接处应力集中等缺陷,具有管道整体力学性能优异的特点。



1. 一种异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、对镍基合金粉末和不锈钢粉末进行预处理;

步骤二、通过自动激光立体成形设备,以氩气作为保护气体,采用多路同步旁轴送粉系统进行双连续送粉,制备得到异种金属管道连接接头。

2. 根据权利要求1所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤一中,所述预处理具体包括:分别将镍基合金粉末和不锈钢粉末置于120°C高温炉中烘干2h。

3. 根据权利要求1所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤一中,所述镍基合金粉末为球形镍基合金Inconel718粉末,平均粒径 $<20\mu\text{m}$,镍基合金Inconel718的成分按重量百分比计为:Cr 17.0~21.0%,Mo 2.8~3.3%,Nb 4.75~5.5%,Ni 50~55%,Al 0.2~0.8%,Ti 0.65~1.15%,Mn 0.35%,Si 0.35%,Fe余量;所述不锈钢粉末为球形奥氏体316L粉末,平均粒径 $<20\mu\text{m}$,316L不锈钢粉末的成分按重量百分比计为:Cr 17.1%,Ni 13.5%,Mo 2.3%,Mn 0.2%,Si 0.8%,余量为Fe。

4. 根据权利要求1所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤二中,保护气氛氩气气压为0.04MPa;步骤二中,所述异种金属管道连接接头包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段。

5. 根据权利要求1所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤二中,制备得到异种金属管道连接接头的方法具体包括:

步骤201、将步骤一预处理后不锈钢粉末预和处理后镍基合金粉末装入多路同步旁轴送粉系统,使预处理后不锈钢粉末可按照预设送粉量从第一喷嘴喷出,预处理后镍基合金粉末可按照预设送粉量经第二喷嘴喷出,对基板进行预热,将第一喷嘴、第二喷嘴和激光束调整至正对基板;

步骤202、开启第一喷嘴,保持第二喷嘴关闭,预处理后不锈钢粉末开始送粉,激光束同步扫描,在基板上形成光斑以熔融喷出的粉末,使沉积成形,至预设不锈钢粉末沉积完毕,完成不锈钢管段的制备;

步骤203、启动第二喷嘴,保持第一喷嘴开启,预处理后镍基合金粉末和预处理后不锈钢粉末均按照预设送粉量送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末和不锈钢粉末沉积完毕,完成复合金属管段的制备;

步骤204、关闭第一喷嘴,第二喷嘴保持开启,预处理后镍基合金粉末继续送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末沉积完毕,完成异种金属管道连接接头的制备。

6. 根据权利要求1所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤201中,基板预热温度为1600~1800°C,预热时间为1~2h。

7. 根据权利要求1所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤202中,所述不锈钢管段外径为9~45mm,壁厚为3~9mm;步骤202中,送粉压力为0.6~0.8MPa,送粉电压为18~22V,扫描速度为800~1200mm/h,激光功率为1200~1400W,送粉量为6~8g/min,光斑直径为2mm。

8. 根据权利要求7所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤203中,送粉压力为0.6~0.8MPa,送粉电压为18~22V,扫描速度为800~1200mm/h,激光功率为1400~1600W,光斑直径为2mm;步骤203中,不锈钢粉末送粉量匀速减少,从不锈钢管段

送粉量匀速减少到0g/min,镍基合金粉末送粉量匀速增加,从0g/min匀速增加到不锈钢管段送粉量,所述不锈钢管段送粉量与步骤202完成不锈钢管段制备的送粉量相同;步骤203中,复合金属管段外径和壁厚均与不锈钢管段相同。

9.根据权利要求8所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤203中,不锈钢粉末和镍基合金粉末送粉量总和保持与所述不锈钢管段送粉量相等。

10.根据权利要求8所述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤204中,镍基合金粉末沉积得到的镍基合金管段外径和壁厚均与不锈钢管段相同;步骤204中,送粉压力为0.6~0.8MPa,送粉电压为18~22V,扫描速度为800~1200mm/h,激光功率为1400~1600W,送粉量为步骤203镍基合金粉末送粉量匀速增加至最大值的送粉量,光斑直径为2mm。

异种金属管道的激光立体成形连接方法

技术领域

[0001] 本发明属于材料成型技术领域,具体涉及异种金属管道的激光立体成形连接方法。

背景技术

[0002] 超超临界机组是目前世界最先进的洁净煤发电技术,以其高效环保和节能等优势成为我国当前火力发电的必然趋势。据不完全统计,我国目前正在建设和规划建设的超超临界(USC)机组有近50台,发展USC机组的关键技术之一就是新型耐热钢的开发和应用,其中以Sup304H为代表的奥氏体耐热钢和以Incoloy800系列合金为代表的镍基合金正是应用于1000MW超超临界机组的材料。我国USC机组在压力上高于日本,在温度上高于欧洲同类机组,在管道选材方面,目前世界上并无一台相同的机型可供借鉴,同时,我国对奥氏体耐热钢和镍基合金的异种合金焊接技术的研究远远滞后于欧美和日本,技术资料数据几乎全部依赖钢材的供应商和国外相关技术文献,这在很大程度上制约了我国超超临界机组设计、制造及安全运行。

[0003] 超超临界机组中的锅炉过热器各区域蒸汽温度不同,对所用管材的抗腐蚀性、抗氧化性和高温蠕变性能的要求也不同,在机组过热器管部件需要大量的焊接接头,接头性能的优劣关系到机组的安全可靠运行。当前过热器管、省煤器管、水冷壁管、再热器管爆漏是影响超超临界机组安全经济运行的主要问题之一,而接头又是爆漏事故的多发地带,接头的质量和可靠性是决定超超临界电站锅炉能否安全靠运行的重要因素,提供一种可满足超超临界机组苛刻工况的异种合金接头是保证我国超超临界机组的技术研发和安全运行的关键环节之一。

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,提供异种金属管道的激光立体成形连接方法。本发明的方法以镍基合金粉末和不锈钢粉末为主要原料,经激光立体成形技术,基于双连续的多路同步旁轴送粉,制备得到包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段的异种金属管道,该异种金属管道不存在各管段连接的明显界面,管道整体显微组织、成分和性能未出现突变,可针对性解决传统连接管段连接处应力集中等缺陷,具有管道整体力学性能优异的特点。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0006] 步骤一、对镍基合金粉末和不锈钢粉末进行预处理;

[0007] 步骤二、通过自动激光立体成形设备,以氩气作为保护气体,采用多路同步旁轴送粉系统进行双连续送粉,制备得到异种金属管道连接接头。

[0008] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤一中,所述预处理具体包括:分别将镍基合金粉末和不锈钢粉末置于120℃高温炉中烘干2h。

[0009] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤一中,所述镍基合金粉末为球形镍基合金Inconel718粉末,平均粒径 $<20\mu\text{m}$,镍基合金Inconel718的成分按重量百分比计为:Cr 17.0~21.0%,Mo2.8~3.3%,Nb 4.75~5.5%,Ni 50~55%,Al 0.2~0.8%,Ti 0.65~1.15%,Mn0.35%,Si 0.35%,Fe余量;所述不锈钢粉末为球形奥氏体316L粉末,平均粒径 $<20\mu\text{m}$,316L不锈钢粉末的成分按重量百分比计为:Cr 17.1%,Ni13.5%,Mo 2.3%,Mn 0.2%,Si 0.8%,余量为Fe。

[0010] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤二中,保护气氩气气压为0.04MPa;步骤二中,所述异种金属管道连接接头包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段。

[0011] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤二中,制备得到异种金属管道连接接头的方法具体包括:

[0012] 步骤201、将步骤一预处理后不锈钢粉末预和处理后镍基合金粉末装入多路同步旁轴送粉系统,使预处理后不锈钢粉末可按照预设送粉量从第一喷嘴喷出,预处理后镍基合金粉末可按照预设送粉量经第二喷嘴喷出,对基板进行预热,将第一喷嘴、第二喷嘴和激光束调整至正对基板;

[0013] 步骤202、开启第一喷嘴,保持第二喷嘴关闭,预处理后不锈钢粉末开始送粉,激光束同步扫描,在基板上形成光斑以熔融喷出的粉末,使沉积成形,至预设不锈钢粉末沉积完毕,完成不锈钢管段的制备;

[0014] 步骤203、启动第二喷嘴,保持第一喷嘴开启,预处理后镍基合金粉末和预处理后不锈钢粉末均按照预设送粉量送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末和不锈钢粉末沉积完毕,完成复合金属管段的制备;

[0015] 步骤204、关闭第一喷嘴,第二喷嘴保持开启,预处理后镍基合金粉末继续送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末沉积完毕,完成异种金属管道连接接头的制备。

[0016] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤201中,基板预热温度为1600~1800℃,预热时间为1~2h。

[0017] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤202中,所述不锈钢管段外径为9~45mm,壁厚为3~9mm;步骤202中,送粉压力为0.6~0.8MPa,送粉电压为18~22V,扫描速度为800~1200mm/h,激光功率为1200~1400W,送粉量为6~8g/min,光斑直径为2mm。

[0018] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤203中,送粉压力为0.6~0.8MPa,送粉电压为18~22V,扫描速度为800~1200mm/h,激光功率为1400~1600W,光斑直径为2mm;步骤203中,不锈钢粉末送粉量匀速减少,从不锈钢管段送粉量匀速减少到0g/min,镍基合金粉末送粉量匀速增加,从0g/min匀速增加到不锈钢管段送粉量,所述不锈钢管段送粉量与步骤202完成不锈钢管段制备的送粉量相同;步骤203中,复合金属管段外径和壁厚均与不锈钢管段相同。

[0019] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤203中,不锈钢粉末和镍基合金粉末送粉量总和保持与所述不锈钢管段送粉量相等。

[0020] 上述的异种金属管道的激光立体成形连接方法,其特征在于,步骤204中,镍基合

金粉末沉积得到的镍基合金管段外径和壁厚均与不锈钢管段相同;步骤204中,送粉压力为0.6~0.8MPa,送粉电压为18~22V,扫描速度为800~1200mm/h,激光功率为1400~1600W,送粉量为步骤203镍基合金粉末送粉量匀速增加至最大值的送粉量,光斑直径为2mm。

[0021] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0022] 1、本发明异种金属管道的激光立体成形连接方法,以镍基合金粉末和不锈钢粉末为主要原料,经激光立体成形技术,基于双连续的多路同步旁轴送粉,制备得到包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段的异种金属管道,该异种金属管道不存在各管段连接的明显界面,管道整体显微组织、成分和性能未出现突变,可针对性解决传统连接管段连接处应力集中等缺陷,具有管道整体力学性能优异的特点。

[0023] 2、本发明异种金属管道的激光立体成形连接方法中,包括以球形镍基合金Inconel718粉末和球形奥氏体316L粉末为主要原料,相对于一般奥氏体耐热钢和镍基合金,具有更高的蠕变断裂强度和抗高温蒸汽氧化和腐蚀性能,以及抗高温氧化、抗高温渗碳、耐氯化物的应力腐蚀开裂和抗 σ 相析出的特性,可有效满足超超临界机组连接管件的性能需求。

[0024] 3、作为优选,本发明异种金属管道的激光立体成形连接方法中,包括先恒送粉量同步送不锈钢粉末,然后双连续变量同步送不锈钢粉末和镍基合金粉末,最后恒送粉量同步送镍基合金粉末,可获得在连续改变合金成分配比基础上避免界面效应的梯度功能材料,各管段连接可靠,有效突破管道整体性能同一性,获得性能连续渐变的非均质异种合金管道。

[0025] 4、采用本发明的方法可成功获得异种合金管道,对我国超超临界机组的技术研发和安全运行具有显著的经济效益和社会效益。

[0026] 下面结合附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0027] 说明书附图

[0028] 图1为实施例1制备的异种金属管道连接接头金相照片。

具体实施方式

[0029] 实施例1

[0030] 本实施例提供一种异种金属管道的激光立体成形连接方法,包括以下步骤:

[0031] 步骤一、对镍基合金粉末和不锈钢粉末进行预处理,具体包括:分别将镍基合金粉末和不锈钢粉末置于120℃高温炉中烘干2h;

[0032] 所述镍基合金粉末为球形镍基合金Inconel718粉末,平均粒径<20 μ m,镍基合金Inconel718的成分按重量百分比计为:Cr 17.0~21.0%,Mo2.8~3.3%,Nb 4.75~5.5%,Ni 50~55%,Al 0.2~0.8%,Ti 0.65~1.15%,Mn0.35%,Si 0.35%,Fe余量;所述不锈钢粉末为球形奥氏体316L粉末,平均粒径<20 μ m,316L不锈钢粉末的成分按重量百分比计为:Cr 17.1%,Ni13.5%,Mo 2.3%,Mn 0.2%,Si 0.8%,余量为Fe;

[0033] 步骤二、通过自动激光立体成形设备,以氩气作为保护气体,采用多路同步旁轴送粉系统进行双连续送粉,制备得到异种金属管道连接接头;所述异种金属管道连接接头包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段;制备得到异种金属管道连接接头的方法具体包括:

[0034] 步骤201、将步骤一预处理后不锈钢粉末预和处理后镍基合金粉末装入多路同步旁轴送粉系统,使预处理后不锈钢粉末可按照预设送粉量从第一喷嘴喷出,预处理后镍基合金粉末可按照预设送粉量经第二喷嘴喷出,对基板进行预热,将第一喷嘴、第二喷嘴和激光束调整至正对基板;基板预热温度为1600℃,预热时间为1h;

[0035] 步骤202、开启第一喷嘴,保持第二喷嘴关闭,预处理后不锈钢粉末开始送粉,激光束同步扫描,在基板上形成光斑以熔融喷出的粉末,使沉积成形,至预设不锈钢粉末沉积完毕,完成不锈钢管段的制备;所述不锈钢管段外径为9mm,壁厚为3mm,长度为300mm;送粉压力为0.6MPa,送粉电压为18V,扫描速度为800mm/h,保护气氛氩气气压为0.04MPa,激光功率为1200W,送粉量为6g/min,光斑直径为2mm;

[0036] 步骤203、启动第二喷嘴,保持第一喷嘴开启,预处理后镍基合金粉末和预处理后不锈钢粉末均按照预设送粉量送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末和不锈钢粉末沉积完毕,完成复合金属管段的制备;送粉压力为0.6MPa,送粉电压为18V,扫描速度为800mm/h,保护气氛氩气气压为0.04MPa,激光功率为1400W,光斑直径为2mm;不锈钢粉末送粉量匀速减少,从6g/min匀速减少到0g/min;镍基合金粉末送粉量匀速增加,从0g/min匀速增加到6g/min,不锈钢粉末和镍基合金粉末送粉量总和保持6g/min;复合金属管段外径为9mm,壁厚为3mm,长度为6mm;

[0037] 步骤204、关闭第一喷嘴,第二喷嘴保持开启,预处理后镍基合金粉末继续送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末沉积完毕,完成异种金属管道连接接头的制备;镍基合金粉末沉积得到的镍基合金管段外径为9mm,壁厚为3mm,长度为300mm;送粉压力为0.6MPa,送粉电压为18V,扫描速度为800mm/h,保护气氛氩气气压为0.04MPa,激光功率为1400W,送粉量为6g/min,光斑直径为2mm。

[0038] 所述自动激光立体成形设备为BLT-400激光立体成型设备,厂家为西安铂力特增材技术股份有限公司,同步送粉激光立体成形主要通过激光束同步照射粉体,使其熔化沉积,凝固成形,实现层层堆垛,从而制备得到所需材料。

[0039] 图1为实施例1制备的异种金属管道连接接头金相照片,从图中可明显的观察到,异种金属管道连接接头的微观组织均匀,微观组织没有发生突变,没有明显的界面,也不存在开裂现象,表明本实施例以激光立体成型技术制备的316L奥氏体不锈钢和Inconel718镍基合金异种金属管道连接接头微观组织良好,力学性能优异。

[0040] 实施例2

[0041] 本实施例提供一种异种金属管道的激光立体成形连接方法,包括以下步骤:

[0042] 步骤一、对镍基合金粉末和不锈钢粉末进行预处理,具体包括:分别将镍基合金粉末和不锈钢粉末置于120℃高温炉中烘干2h;

[0043] 所述镍基合金粉末为球形镍基合金Inconel718粉末,平均粒径<20μm,镍基合金Inconel718的成分按重量百分比计为:Cr 17.0~21.0%,Mo2.8~3.3%,Nb 4.75~5.5%,Ni 50~55%,Al 0.2~0.8%,Ti 0.65~1.15%,Mn0.35%,Si 0.35%,Fe余量;所述不锈钢粉末为球形奥氏体316L粉末,平均粒径<20μm,316L不锈钢粉末的成分按重量百分比计为:Cr 17.1%,Ni13.5%,Mo 2.3%,Mn 0.2%,Si 0.8%,余量为Fe;

[0044] 步骤二、通过自动激光立体成形设备,以氩气作为保护气体,采用多路同步旁轴送粉系统进行双连续送粉,制备得到异种金属管道连接接头;所述异种金属管道连接接头包

括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段；制备得到异种金属管道连接接头的方法具体包括：

[0045] 步骤201、将步骤一预处理后不锈钢粉末预和处理后镍基合金粉末装入多路同步旁轴送粉系统，使预处理后不锈钢粉末可按照预设送粉量从第一喷嘴喷出，预处理后镍基合金粉末可按照预设送粉量经第二喷嘴喷出，对基板进行预热，将第一喷嘴、第二喷嘴和激光束调整至正对基板；基板预热温度为1700℃，预热时间为1.5h；

[0046] 步骤202、开启第一喷嘴，保持第二喷嘴关闭，预处理后不锈钢粉末开始送粉，激光束同步扫描，在基板上形成光斑以熔融喷出的粉末，使沉积成形，至预设不锈钢粉末沉积完毕，完成不锈钢管段的制备；所述不锈钢管段外径为25mm，壁厚为6mm，长度为300mm；送粉压力为0.7MPa，送粉电压为20V，扫描速度为1000mm/h，保护气氛氩气气压为0.06MPa，激光功率为1300W，送粉量为7g/min，光斑直径为2mm；所述不锈钢管段长度可根据需要进行调整；

[0047] 步骤203、启动第二喷嘴，保持第一喷嘴开启，预处理后镍基合金粉末和预处理后不锈钢粉末均按照预设送粉量送粉，粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积，至预设镍基合金粉末和不锈钢粉末沉积完毕，完成复合金属管段的制备；送粉压力为0.7MPa，送粉电压为20V，扫描速度为1000mm/h，保护气氛氩气气压为0.06MPa，激光功率为1500W，光斑直径为2mm；不锈钢粉末送粉量匀速减少，从7g/min匀速减少到0g/min；镍基合金粉末送粉量匀速增加，从0g/min匀速增加到7g/min，不锈钢粉末和镍基合金粉末送粉量总和保持7g/min；复合金属管段外径为25mm，壁厚为6mm，长度为8mm；所述复合金属管段长度可根据需要进行调整；

[0048] 步骤204、关闭第一喷嘴，第二喷嘴保持开启，预处理后镍基合金粉末继续送粉，粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积，至预设镍基合金粉末沉积完毕，完成异种金属管道连接接头的制备；镍基合金粉末沉积得到的镍基合金管段外径为25mm，壁厚为6mm，长度为300mm；送粉压力为0.7MPa，送粉电压为20V，扫描速度为1000mm/h，保护气氛氩气气压为0.06MPa，激光功率为1500W，送粉量为7g/min，光斑直径为2mm；所述镍基合金管段长度可根据需要进行调整。

[0049] 本实施例以激光立体成型技术制备的316L奥氏体不锈钢和Inconel718镍基合金异种金属管道连接接头性能与实施例1基本一致。

[0050] 实施例3

[0051] 本实施例提供一种异种金属管道的增材制备连接方法，包括以下步骤：

[0052] 步骤一、对镍基合金粉末和不锈钢粉末进行预处理，具体包括：分别将镍基合金粉末和不锈钢粉末置于120℃高温炉中烘干2h；

[0053] 所述镍基合金粉末为球形镍基合金Inconel718粉末，平均粒径<20μm，高温镍基合金Inconel718的成分按重量百分比计为：Cr 17.0~21.0%，Mo2.8~3.3%，Nb 4.75~5.5%，Ni 50~55%，Al 0.2~0.8%，Ti 0.65~1.15%，Mn0.35%，Si 0.35%，Fe余量；所述不锈钢粉末为球形奥氏体316L粉末，平均粒径<20μm，316L不锈钢粉末的成分按重量百分比计为：Cr 17.1%，Ni13.5%，Mo 2.3%，Mn 0.2%，Si 0.8%，余量为Fe；

[0054] 步骤二、通过自动激光立体成形设备，以氩气作为保护气体，采用多路同步旁轴送粉系统进行双连续送粉，制备得到异种金属管道连接接头；所述异种金属管道连接接头包括依次连接的不锈钢管段、复合金属管段和镍基合金管段；制备得到异种金属管道连接接

头的方法具体包括:

[0055] 步骤201、将步骤一预处理后不锈钢粉末预和处理后镍基合金粉末装入多路同步旁轴送粉系统,使预处理后不锈钢粉末可按照预设送粉量从第一喷嘴喷出,预处理后镍基合金粉末可按照预设送粉量经第二喷嘴喷出,对基板进行预热,将第一喷嘴、第二喷嘴和激光束调整至正对基板;基板预热温度为1800℃,预热时间为2h;

[0056] 步骤202、开启第一喷嘴,保持第二喷嘴关闭,预处理后不锈钢粉末开始送粉,激光束同步扫描,在基板上形成光斑以熔融喷出的粉末,使沉积成形,至预设不锈钢粉末沉积完毕,完成不锈钢管段的制备;所述不锈钢管段外径为45mm,壁厚为9mm,长度为300mm;送粉压力为0.8MPa,送粉电压为22V,扫描速度为1200mm/h,保护气氛氩气气压为0.08MPa,激光功率为1400W,送粉量为8g/min,光斑直径为2mm;所述不锈钢管段的长度可根据需要进行调整;

[0057] 步骤203、启动第二喷嘴,保持第一喷嘴开启,预处理后镍基合金粉末和预处理后不锈钢粉末均按照预设送粉量送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末和不锈钢粉末沉积完毕,完成复合金属管段的制备;送粉压力为0.8MPa,送粉电压为22V,扫描速度为1200mm/h,保护气氛氩气气压为0.08MPa,激光功率为1600W,光斑直径为2mm;不锈钢粉末送粉量匀速减少,从8g/min匀速减少到0g/min;镍基合金粉末送粉量匀速增加,从0g/min匀速增加到8g/min,不锈钢粉末和镍基合金粉末送粉量总和保持8g/min;复合金属管段外径为45mm,壁厚为9mm,长度为10mm;所述复合金属管段长度可根据需要进行调整;

[0058] 步骤204、关闭第一喷嘴,第二喷嘴保持开启,预处理后镍基合金粉末继续送粉,粉末在激光束的同步扫描下熔融沉积,至预设镍基合金粉末沉积完毕,完成异种金属管道连接接头的制备;镍基合金粉末沉积得到的镍基合金管段外径为45mm,壁厚为9mm,长度为300mm;送粉压力为0.8MPa,送粉电压为22V,扫描速度为1200mm/h,保护气氛氩气气压为0.08MPa,激光功率为1600W,送粉量为8g/min,光斑直径为2mm;所述镍基合金管段长度可根据需要进行调整。

[0059] 本实施例以激光立体成型技术制备的316L奥氏体不锈钢和Inconel718镍基合金异种金属管道连接接头性能与实施例1基本一致。

[0060] 对比例1

[0061] 本对比例提供一种以316L奥氏体不锈钢和Inconel718镍基合金为主要原料,经氩弧焊制备得到异种金属管道连接接头的方法,具体包括:将Φ2.5/PP-TIG316L焊丝用丙酮去除表面氧化层和油污,采用氩弧打底,电弧焊填充盖面,焊接电流为80I/A,电弧电压为10V,焊接速度为8cm/min,氩气流量为10ml/min。

[0062] 性能评价

[0063] 表1为实施例各连接接头力学性能,测试方法基于GB/T 228.1-2021金属材料拉伸试验,GB/T 229-2020金属材料夏比摆锤冲击试验方法,从表1的试验数据可以观察到,激光立体成型技术制备的316L奥氏体不锈钢和Inconel718镍基合金异种金属管道连接接头力学性能远远优于奥氏体不锈钢管道和镍基合金管道利用氩弧焊进行焊接的焊接接头力学性能。表明本发明的以激光立体成型技术制备的316L奥氏体不锈钢和Inconel718镍基合金异种金属管道连接接头具有优良的力学性能。

[0064] 表1异种金属管道连接接头力学性能

	连接接头力学性能		
	抗拉强度 MPa	冲击韧性 J	焊缝断裂位置
对比例 1 (氩弧焊)	544.71	38.92	焊缝
[0065] 实施例 1	678.03	89.32	316L 奥氏体不锈 钢管道母材
实施例 2	656.99	83.44	316L 奥氏体不锈 钢管道母材
实施例 3	688.12	79.0	316L 奥氏体不锈 钢管道母材

[0066] 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,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改,变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。



图1