



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113385819 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 09

(21) 申请号 202110466969.8

B23K 26/70 (2014.01)

(22) 申请日 2021.04.28

B23K 15/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113385819 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2021.09.14

CN 110216380 A, 2019.09.10

CN 112108769 A, 2020.12.22

(73) 专利权人 西安交通大学

CN 206153579 U, 2017.05.10

GB 960340 A, 1964.06.10

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

CN 207343793 U, 2018.05.11

(72) 发明人 王磊 卢秉恒 汤永凯 李波波
张琼 陈祯

CN 108971806 A, 2018.12.11

CN 111633979 A, 2020.09.08

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

CN 112247976 A, 2021.01.22

JP S6221476 A, 1987.01.29

专利代理师 朱海临

CA 1039486 A, 1978.10.03

审查员 郑贞贞

(51) Int. Cl.

B23K 26/34 (2014.01)

B23K 26/342 (2014.01)

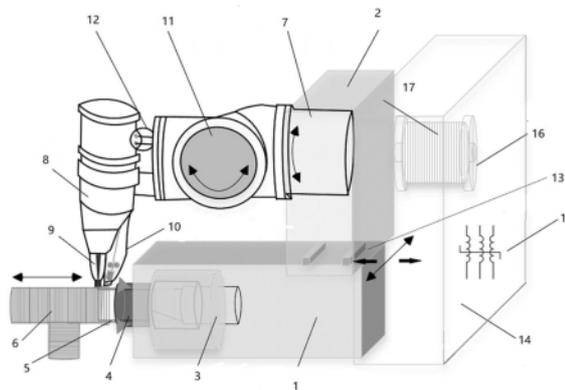
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种金属增材制造系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种金属增材制造系统及方法,采用回转支撑座体和送丝成形座体形成回转成型装置,通过在回转支撑座体内设置成形回转轴系,成形回转轴系固定连接有能够与其同步转动的工件支撑轴,送丝成形座体通过机械臂连接有成形热源和送丝头,送丝成形座体通过X/Y运动平台系统安装于回转支撑座体上,送丝头能够将丝束沿着工件支撑轴表面铺设,高能束能够作用于丝材结合处进行熔融沉积成形,能够有效减小熔融成形区的大小,进而减小熔融成形区的总热量,同等情况下熔融成形区能够较快的冷却凝固成形,采用丝材缠绕方式,不受重力或真空环境影响,有效的降低成形区对热源功率的要求,也避免丝束全部熔融状态下结合不紧密现象。



1. 一种金属增材制造方法,其特征在于,包括以下步骤:将成形丝束在支撑结构表面紧密缠绕,然后通过熔融热源对缠绕的成形丝束表面进行固化成形,在丝束结合处熔融固化成形,或者在沿成形轴向方向相邻两个丝束接触处焊点熔融固化成形,成形丝束通过送丝装置输送至支撑结构表面起始位置并通过熔融热源焊接固定,然后利用支撑结构回转运动对成形丝束进行缠绕成型,同时送丝机构根据支撑结构回转运动转速使成形丝束在支撑结构表面紧密排布,送丝机构同时沿成形件缠绕的支撑结构轴线移动;具体包括以下步骤:

S1,根据待成型件长度和厚度,设置送丝成型装置成型位移距离;根据待成型件内腔直径,选择合适直径的工件支撑轴;

S2,通过回转机械手调整高能束和送丝头的初始位置位于工件支撑轴成型起点表面,启动成形热源和回转驱动电机,成形热源的高能束将经过送丝头的丝束熔融固定于工件支撑轴上,控制系统控制回转机械手开始运动,使高能束和送丝头同步运动;或者先在工件支撑轴紧密缠绕丝束,完成一个打印长度缠绕后,启动成形热源,成形热源的高能束作用于相邻螺旋丝束结合处进行定点熔融固化成形,实现在工件支撑轴表面成型工件;

支撑结构采用预制模具固定于回转体转动轴上;或采用3D打印技术进行支撑结构复合材料同步制造。

2. 一种用于权利要求1所述金属增材制造方法的金属增材制造系统,其特征在于,包括回转支撑座体(1)和送丝成型座体(2),回转支撑座体(1)内设置有成形回转轴系(3),成形回转轴系(3)固定连接有能够与其同步转动的工件支撑轴(5);送丝成型座体(2)通过机械臂连接有成形热源(8)和送丝头(10),送丝成型座体(2)通过X/Y运动平台系统(13)安装于回转支撑座体(1)上,送丝头(10)能够将丝束(17)沿着工件支撑轴(5)表面铺设,成形热源(8)形成的高能束(9)能够作用于丝束(17)结合处进行熔融沉积成形,机械臂包括第一回转轴(7)和第二回转轴(11),第一回转轴(7)的一端安装于送丝成型座体(2)上,第一回转轴(7)另一端通过第一回转轴输出法兰(18)连接于第二回转轴(11)一端,第二回转轴(11)的另一端固定有第二回转轴输出法兰(12),成形热源(8)与送丝头(10)通过连接环(19)连接于第二回转轴输出法兰(12)上,第一回转轴(7)与第二回转轴(11)均采用内置力矩电机结构。

3. 根据权利要求2所述的一种金属增材制造系统,其特征在于,第一回转轴(7)与第二回转轴(11)内部均设有位置编码器。

4. 根据权利要求2所述的一种金属增材制造系统,其特征在于,成形回转轴系(3)上设有用于顶出工件支撑轴(5)上的成型件(6)的顶出环(4)。

5. 根据权利要求2所述的一种金属增材制造系统,其特征在于,顶出环(4)与工件支撑轴(5)螺纹连接,丝盘(16)固定连接于送丝成型座体(2)一侧,丝盘(16)上的丝束(17)通过导管接入送丝头(10)中。

6. 根据权利要求2所述的一种金属增材制造系统,其特征在于,还包括控制系统(15),控制系统(15)连接于回转驱动电机、成形热源(8)、送丝头(10)、X/Y运动平台系统和机械臂,控制系统连接有用于监测成形区温度的温控模块。

一种金属增材制造系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于新型增材制造技术,具体涉及一种金属增材制造系统及方法。

背景技术

[0002] 增材制造俗称3D打印,融合了计算机辅助设计、材料加工与成型技术、以数字模型文件为基础,通过软件与数控系统将专用的金属材料、非金属材料以及医用生物材料,按照挤压、烧结、熔融、光固化、喷射等方式逐层堆积,制造出实体物品的制造技术。相对于传统的、对原材料去除一切削、组装的加工模式不同,是一种“自下而上”通过材料累加的制造方法,从无到有。按照技术种类划分,则有喷射成型、粘结剂喷射成型、光敏聚合物固化成型、材料挤出成型、激光粉末烧结成型、定向能量沉积成型等。

[0003] 增材制造还是存在一些不足之处:材料限制、制造成本昂贵、成型效率较低。其中成型速度低下极大的影响了增材制造生产周期,一定程度上提升了生产制造成本。在金属增材制造原材料中,丝材成本相对比粉末价格较低,丝材作为原材料极大的降低了原材料的制造成本,但是丝材的成形效率与成形速度是一对矛盾体。高功率能量熔融较粗的金属丝沉积效率高,能量一般是激光、电弧、电子束等高能束,但由于热输入大成形件变形大,表面粗糙,仅适合于大加工余量的毛坯制造。采用低功率熔融金属细丝进行沉积,虽然成形效率低,但由于热变形小,表面粗糙度高,可以制造精细的结构特征,在很多情况可以直接作为零部件使用,是一种很有发展前景的技术。尤其是在微重力、真空环境下,金属丝材成形具有较大的优势。在微重力、真空环境下金属材料的增材制造往往与重力环境下的增材制造相差较大,且真空环境下热量主要为热辐射,热量发散较慢,熔融成形区无法像在空气中一样快速冷却下来,很大程度上降低了制造效率。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种金属增材制造系统及方法,以克服现有技术的不足。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种金属增材制造方法,包括以下步骤:将成形丝束在支撑结构表面紧密缠绕,然后通过熔融热源对缠绕的成形丝束表面进行固化成形,在丝束结合处熔融固化成形,或者在沿成形轴向方向相邻两个丝束接触处焊点熔融固化成形。

[0007] 进一步的,成形丝束通过送丝装置输送至支撑结构表面起始位置并通过熔融热源焊接固定,然后利用支撑结构回转运动对成形丝束进行缠绕成型,同时送丝机构根据支撑结构回转运动转速是成形丝束在支撑结构表面紧密排布,送丝机构同时沿成形件缠绕的支撑结构轴线移动。

[0008] 进一步的,具体包括以下步骤:

[0009] S1,根据待成型件长度和厚度,设置送丝成型装置成型位移距离;根据待成型件内腔直径,选择合适直径的工件支撑轴;

[0010] S2,通过回转机械手调整高能束和送丝头的初始位置位于工件支撑轴成型起点表

面,启动成形热源和回转驱动电机,成形热源的高能束将经过送丝头的丝束熔融固定于工件支撑轴上,控制系统控制回转机械手开始运动,使高能束和送丝头同步运动;或者先在工件支撑轴紧密缠绕丝束,完成一个打印长度缠绕后,启动成形热源,成形热源的高能束作用于相邻螺旋丝束结合处进行定点熔融固化成形,实现在工件支撑轴表面成型工件。

[0011] 一种金属增材制造系统,包括回转支撑座体和送丝成形座体,回转支撑座体内设置有成形回转轴系,成形回转轴系固定连接有能够与其同步转动的工件支撑轴;送丝成形座体通过机械臂连接有成形热源和送丝头,送丝成形座体通过X/Y运动平台系统安装于回转支撑座体上,送丝头能够将丝束沿着工件支撑轴表面铺设,成形热源形成的高能束能够作用于丝束结合处进行熔融沉积成形。

[0012] 进一步的,机械臂包括第一回转轴和第二回转轴,第一回转轴的一端安装于送丝成形座体上,第一回转轴另一端通过第一回转轴输出法兰连接于第二回转轴一端,第二回转轴的另一端固定有第二回转轴输出法兰,成型热源与送丝头通过连接环连接于第二回转轴输出法兰上。

[0013] 进一步的,第一回转轴与第二回转轴均采用内置力矩电机结构。

[0014] 进一步的,第一回转轴与第二回转轴内部均设有位置编码器。

[0015] 进一步的,成形回转轴系上设有用于顶出工件支撑轴上的成型件的顶出环。

[0016] 进一步的,顶出环与工件支撑轴螺纹连接,丝盘固定连接于送丝成形座体一侧,丝盘上的丝束通过导管接入送丝头中。

[0017] 进一步的,还包括控制系统,控制系统连接于回转驱动电机、成型热源、送丝头、X/Y运动平台系统和机械臂,控制系统连接有用于监测成形区温度的温控模块。

[0018] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0019] 本发明一种增材制造方法,利用成形丝束作为成型材料,利用熔融热源成型焦点对准缠绕丝束结合处进行熔融沉积成形,能够有效减小熔融成形区的大小,进而减小熔融成形区的总热量,同等情况下熔融成形区能够较快的冷却凝固成形,采用成形丝束缠绕方式,不受重力或真空环境影响,针对相邻丝束结合区熔融,有效的降低成形区对热源功率的要求,也避免丝束全部熔融状态下结合不紧密现象,本发明简单,成型方便,可以实现微重力、真空环境下的增材制造。

[0020] 进一步的,支撑结构采用预制模具固定于回转体转动轴上;或采用3D打印技术进行支撑结构复合材料同步制造形成支撑结构体,摆脱模具尺寸的限制,实现复合材料与金属材料的焊接成型,达到复合结构的在线制造。

[0021] 进一步的,根据待成型件长度和厚度,设置送丝成型装置成型位移距离;根据待成型件内腔直径,选择合适直径的工件支撑轴,充分利用了丝材作为原材料易递送与调整的优势,可根据增材制造需要进行实时调整递送量,打印头满足双向结构调整装置,使得高能光束与送丝头的夹角根据工艺成型要求实时调整,并且能够调整高能光束与送丝头轴向距离,满足不用材料成型工艺的不同要求。

[0022] 本发明一种金属增材制造系统,采用回转支撑座体和送丝成形座体形成回转成型装置,通过在回转支撑座体内设置成形回转轴系,成形回转轴系固定连接有能够与其同步转动的工件支撑轴,作为成型件载体结构,送丝成形座体通过机械臂连接有成形热源和送丝头,送丝成形座体通过X/Y运动平台系统安装于回转支撑座体上,送丝头能够将丝束沿着

工件支撑轴表面铺设,高能束能够作用于丝材结合处进行熔融沉积成形,本发明利用丝材作为成型材料,利用高能束成型焦点对准缠绕丝束结合处进行熔融沉积成形,能够有效减小熔融成形区的大小,进而减小熔融成形区的总热量,同等情况下熔融成形区能够较快的冷却凝固成形,特别的,采用丝材缠绕方式,不受重力或真空环境影响,针对相邻丝束结合区熔融,有效的降低成形区对热源功率的要求,也避免丝束全部熔融状态下结合不紧密现象。本发明结构简单,成型方便,能够有效实现微重力、真空环境下的增材制造。

[0023] 通过丝材缠绕方式成形部分预制体,丝材的张力将材料紧紧的缠绕在一起,然后利用高能束在预制体的关键点、线和面进行焊接连接,根据结构件的力学性能要求,可以在焊接预制体上同时进行丝材沉积,达到增材制造的效果,本申请通过在丝材缠绕预制体的基础上进行金属沉积,大大提高了工艺稳定性和成形效率,采用金属细丝,可以在较低能量输入下高效制造包含精细特征金属结构件。由于金属细丝熔化能耗小,增材制造过程热输入小,结构件热变形小,表面粗糙度好,本发明特别适用于太空等真空微重力环境的增材制造。

[0024] 进一步的,采用控制系统能够实现自动控制,提高打印自动化。

附图说明

[0025] 图1为本发明实施例中整体结构布局组成图。

[0026] 图2为本发明实施例中送丝成型装置安装结构示意图。

[0027] 图3为本发明实施例中送丝成型装置侧视图。

[0028] 图4为本发明实施例中成型过程成型件示意图。

[0029] 图5为本发明实施例中成型过程示意图。

[0030] 图中,1、回转支撑座体;2、送丝成型座体;3、成形回转轴系;4、顶出环;5、工件支撑轴;6、成形件;6-1、复合材料支撑轴、6-2、丝材缠绕成型,6-3、金属预埋件,6-4-多材料成型工件,6-5-金属丝材焊道;7、第一回转轴;8、成形热源;9、高能束;10、送丝头;11、第二回转轴;12、第二回转轴输出法兰;13、X/Y运动平台系统;14、控制柜体;15、控制系统;16、丝盘;17、丝束;18、第一回转轴输出法兰;19、连接环;20、熔融结合处。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明做进一步详细描述:

[0032] 为了对本发明作出进一步的说明,通过下面实施例对本发明提供了一种增材制造系统结构工作原理以及工作过程进行详细的说明:

[0033] 一种金属增材制造方法,包括以下步骤:将成形丝束材料缠绕于支撑结构表面,然后通过熔融热源对缠绕的成形丝束表面进行固化成形,根据成形件使用要求,在丝束结合处熔融固化成形,或者在沿成形轴向方向相邻两个丝束接触处焊点熔融固化成形。

[0034] 成形丝束通过送丝装置输送至支撑结构表面起始位置,熔融热源启动将丝束焊接固定于支撑结构成形起始点位置,支撑结构开始进行回转运动,同时送丝机构根据回转运动转速匹配送丝速度,整个缠绕成形过程,根据当前成形丝束的尺寸以及回转运动转速,送丝机沿成形件轴线移动,保证缠绕于模具与内支撑结构的丝束紧密排列。

[0035] 在成型过程中,支撑结构采用预先模具制造,然后固定于回转体转动轴上;或采用

3D打印技术进行支撑结构复合材料的同步制造,该支撑结构的材料不限于陶瓷、金属、非金属材料,只需该支撑结构材料的能够承受金属丝材熔融成型热传导于内支撑结构的焊接温度。

[0036] 如图1所示,一种金属增材制造系统,包括回转支撑座体1和送丝成形座体2,回转支撑座体1内设有成形回转轴系3,成形回转轴系3连接有回转驱动电机,回转驱动电机驱动成形回转轴系3以及连接于成形回转轴系3上的工件支撑轴5做回转运动;送丝成形座体2上通过机械臂连接有成形热源8和送丝头10;在送丝成形座体2一侧设有丝盘16,送丝成形座体2通过X/Y运动平台系统13安装于回转支撑座体1上;成型热源8和送丝头10通过机械臂安装于送丝成形座体2上,送丝头10能够将丝材沿着工件支撑轴5表面铺设,送丝头10能够沿工件支撑轴5周向移动,工件支撑轴5转动的同时送丝头10移动,从而在工件支撑轴5表面缠绕丝束17,高能束9作用于丝材17结合处进行熔融沉积成形,本发明结构简单,减小了成形过程中的热量,无需所有材料进行熔融沉积成型的方式,很大程度上提高了增材制造效率。

[0037] 如图2、图3所示,机械臂包括设置于送丝成形座体2上的第一回转轴7,第一回转轴7通过电机驱动其转动,第一回转轴7驱动第一回转轴输出法兰18做回转运动,第二回转轴11与第一回转轴输出法兰18固定连接,第二回转轴11驱动第二回转轴输出法兰12做回转运动,连接环19固定连接于第二回转轴输出法兰12上,成型热源8与送丝头10呈夹角安装于连接环19上,保证送丝机10将丝束17输送至成型热源8的高能束9光斑能量范围内。第一回转轴7与第二回转轴11内部设有位置编码器,能够精确控制成型热源8与送丝头10成型热源8与送丝头10位置,进而提升打印精度。通过机械臂调整实现成形焦点的俯仰和偏摆,可根据成形件不同需要更改成形区域。

[0038] 丝盘16固定于送丝成形座体2一侧,丝盘16上的丝束17通过输送管路输送至送丝头10,丝盘16与送丝成形座体2一起运动,保证丝盘16与送丝机10在打印制造过程中相对位置不变,确保了送丝过程以及打印成形的稳定性。

[0039] 还包括控制系统15,控制系统15连接于回转驱动电机、成型热源8、送丝头10、X/Y运动平台系统和机械臂,整个打印系统受控制系统15控制,实现所有回转轴以及X/Y运动平台系统自动调节和控制。

[0040] 回转支撑座体1起到固定与基准的作用,成形回转轴系3的回转运动在控制系统15的作用下,最终实现工件支撑轴5回转速度的精确控制。

[0041] 工件支撑轴5可快速拆卸更换,适用于不同规格尺寸成型件的成型。

[0042] 成形回转轴系3上设有顶出环4,用于顶出工件支撑轴5上的成型件6,丝束17在工件支撑轴5表面成型完成后,通过顶出环4,将成型于工件支撑轴5上的工件支撑轴5上顶出;顶出环4套设于工件支撑轴5上,顶出环4与工件支撑轴5螺纹连接,顶出环4的长度根据实际需要设置,一般利用顶出环4将成型件6顶出松动,从另一端即可拔出工件;顶出环4的一端可深入至支撑底座内,可增加顶出环的顶出长度,在成型过程中,顶出环4与成形回转轴系3连接,顶出环结构稳定,不会沿工件支撑轴5轴向运动,避免对成型工件造成影响。

[0043] 控制系统15设置于控制柜14中,控制柜14设置于回转支撑座体1一侧,提高整体装置的结构紧凑;控制系统15连接有温控模块,温控模块用于监测成形区温度,实现打印成型过程中的温度反馈,温控模块采用红外传感温控模块,固定于高能束一侧,保证整个打印成型过程中,成形区温度在最适打印温度范围。根据成形工艺要求,控制系统通过姿态调整结

构装置调整热源与送丝头送出丝束之间的夹角,并且在成形过程中,控制系统根据缠绕成形效率的要求,控制整个送丝系统沿轴向运动,根据成形工艺要求的不同,对丝束结合处进行熔融固化成形或沿成形件轴向熔融固化成形。

[0044] 具体的,首先将成形丝束通过送丝装置输送至支撑结构起始位置,熔融热源启动将丝束焊接固定于成形起始点位置,支撑结构开始进行回转运动,同时送丝机构根据回转运动转速匹配送丝速度,将丝束缠绕至支撑结构表面,整个缠绕成形过程,根据当前成形丝束的尺寸以及回转运动转速,送丝机沿成形件轴线移动,保证缠绕于模具与内支撑结构的丝束紧密排列。

[0045] 实施例

[0046] 工件支撑轴采用预制模具制备,本申请装置主要用于回转体等零部件,包括以下步骤:

[0047] S1,根据待成型件长度和厚度,设置送丝成型装置成型位移距离;根据待成型件内腔直径,选择合适直径的工件支撑轴;

[0048] S2,通过回转机械手调整高能束和送丝头的初始位置位于工件支撑轴成型起点表面,启动成形热源和回转驱动电机,成形热源的高能束将经过送丝头的丝束熔融固定于工件支撑轴上,控制系统控制回转机械手开始运动,使高能束和送丝头同步运动;或者先在工件支撑轴紧密缠绕丝束,完成一个打印长度缠绕后,即根据工艺成形设定一个打印长度,确保缠绕丝束之间接触紧密,不会松动,启动成形热源,成形热源的高能束作用于相邻螺旋丝束结合处进行定点熔融固化成形,从而实现在工件支撑轴表面成型工件;在整个成形过程,实时监测成形区域的温度,通过调整高能光束的功率,保证打印区域温度在最适打印区间范围内。

[0049] 丝束按照螺旋状排布于工件支撑轴5表面,控制系统控制高能束9光斑处于螺旋成型的紧挨处如图4所示,使得相邻螺旋丝束17结合处熔融固化成形熔融结合处20。在固化成型后,顶出环4回转运动将成型件顶出工件支撑轴5,顶出环4作用于正在成形区域。

[0050] 在成形区域布置有温控模块,通过温控模块实时监测和调整高能束9的功率,保证成形区域温度在最宜成形温度区间内。

[0051] 高能束9和送丝头10之间的成型角度固定,确保高能束9交点和送丝头10送丝位于工件支撑轴5表面。

[0052] 高能束9和送丝头10的角度调整通过机械臂调实现空间角度,在送丝头10角度调整过程中,丝盘16中丝束通过送丝头10精确输送至高能束9焦点区域。

[0053] 本发明一种金属增材制造系统及方法,根据待成型件长度和厚度,设置送丝成型装置成型位移距离;根据待成型件内腔直径,选择合适直径的工件支撑轴,通过机械臂调整高能束和送丝头的初始位置位于工件支撑轴成型起点表面,启动高能束和回转驱动电机,高能束将经过送丝头的丝束熔融固定于工件支撑轴上,控制系统控制成形回转轴系与成形热源/送丝头系统协同运动,并且在整个成形过程,实时监测成形区域的温度,通过调整高能光束的功率,保证打印区域温度在最适打印区间范围内,实现在工件支撑轴表面成型工件。亦可先在工件支撑轴紧密缠绕丝束,等待缠绕一段距离后,可以根据工艺成形设定,调节成形热源的高能光束针对缠绕结构进行定点加热成形。与传统金属沉积过程基于高能束逐点融化金属相比,成形效率和工艺稳定性有较大的提高;高能束采用激光或电子束。通过

丝材缠绕方式成形部分预制体,丝材的张力将材料紧紧的缠绕在一起,然后利用包含并不限于激光、电子束等高能束在预制体的关键点、线和面进行焊接连接,根据结构件的力学性能要求,可以在焊接预制体上同时进行丝材沉积,达到增材制造的效果。由于增材制造过程不是一点点沉积金属,而是在丝材缠绕预制体的基础上进行金属沉积,本发明提出的增材制造系统的工艺稳定性和成形效率提高了数十倍。进一步采用金属细丝,可以在较低能量输入下高效制造包含精细特征金属结构件。进一步,由于金属细丝熔化能耗小,增材制造过程热输入小,结构件热变形小,表面粗糙度好,本发明特别适用于太空等真空微重力环境的增材制造。

[0054] 2. 工件支撑轴采用复合材料支撑杆件结构,同步打印工件与复合材料支撑杆件,具体结构如图5所示,成形过程如下:

[0055] S1,根据待成型件长度和厚度,设置送丝成型装置成型位移距离;根据待成型件内腔直径,根据切片分层数据要求,采用FDM的3D打印增材制造过程,打印成型复合材料支撑6-1;

[0056] S2,在打印完成的复合材料支撑6-1前部,送丝头将丝材送至FDM打印复材管道的切片分层位置,高能束加热金属丝材至一定温度使其与复材管道焊接,形成丝材焊道6-5,

[0057] S4,送丝头将金属丝材与丝材焊道6-5高能束焊接固定后,与通过金属丝材缠绕方式成形部分相同的方法在复合材料支撑6-1上缠绕形成金属预制件6-3,金属丝材的张力将丝材紧紧的缠绕在一起;

[0058] S3,通过机械臂调整高能束和送丝头的初始位置位于复合材料支撑6-1的金属预制件6-3为成型起点表面,启动高能束和回转驱动电机,控制系统控制成形回转轴系与成形热源/送丝头系统协同运动,利用高能束在丝材缠绕成形预制件6-3的关键点、线和面分区域进行点焊,形成焊接预制体6-2。

[0059] S4,在6-2熔融成型焊接后,根据结构件的力学性能要求,可以在焊接预制体6-2上同时进行丝材沉积,实时监测成形区域的温度,通过调整高能光束的功率,进行增材制造。

[0060] S5,可按照工件6-4的模型要求,继续采用丝材熔融沉积的方式打印成型设计零件的剩余部分,实现复合材料与金属材料的同步打印制造。

[0061] 本发明通过成形丝束缠绕方式成形部分预制体,丝材的张力将丝材紧紧的缠绕在一起,然后利用高能束在预制体的关键点、线和面进行焊接熔融,根据结构件的力学性能要求,可以在焊接预制体上同时进行丝材沉积,达到增材制造的效果,本申请通过在丝材缠绕预制体的基础上进行金属沉积,大大提高了工艺稳定性和成形效率;采用成形丝束,特别采用金属细丝,可以在较低能量输入下高效制造包含精细特征金属结构件,一方面,由于金属细丝熔化能耗小,增材制造过程热输入小,结构件热变形小,另一方面,金属丝材的缠绕成型内支撑可采用FDM的工艺进行复合材料3D打印制造成型,无需专门制作内支撑模具,可实现复合材料与金属的同步复合增材制造,也适用于太空等真空微重力环境的复合材料与金属材料的在线原位同步增材制造。

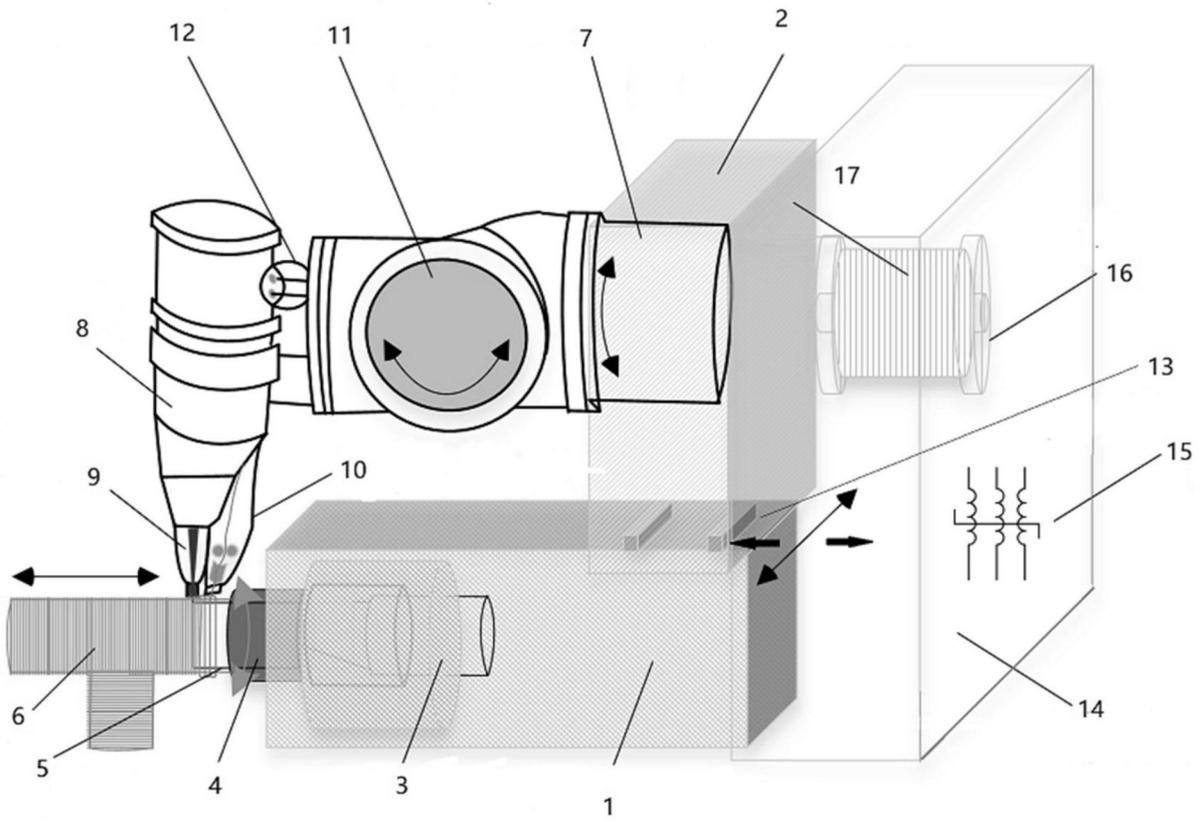


图1

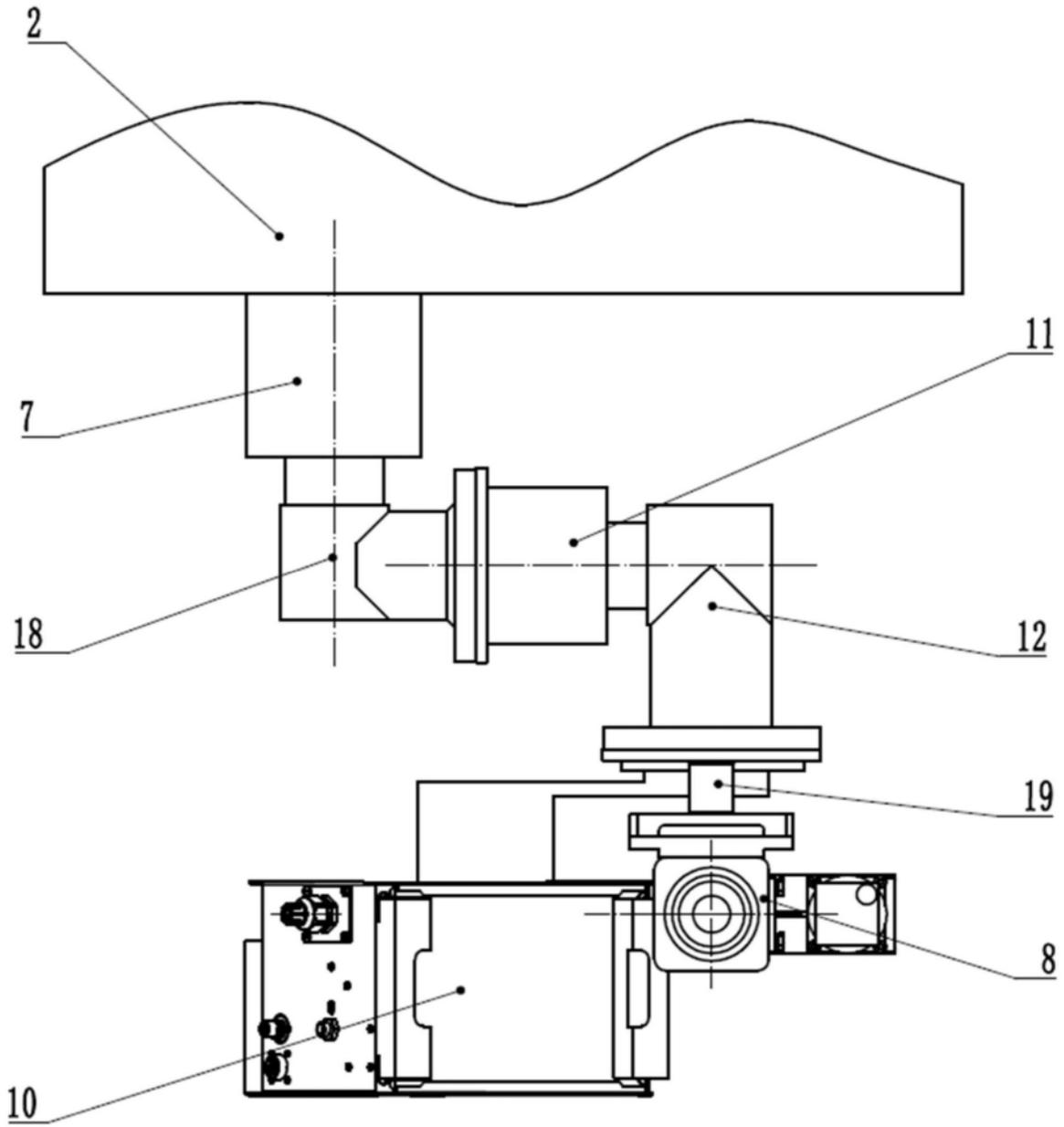


图2

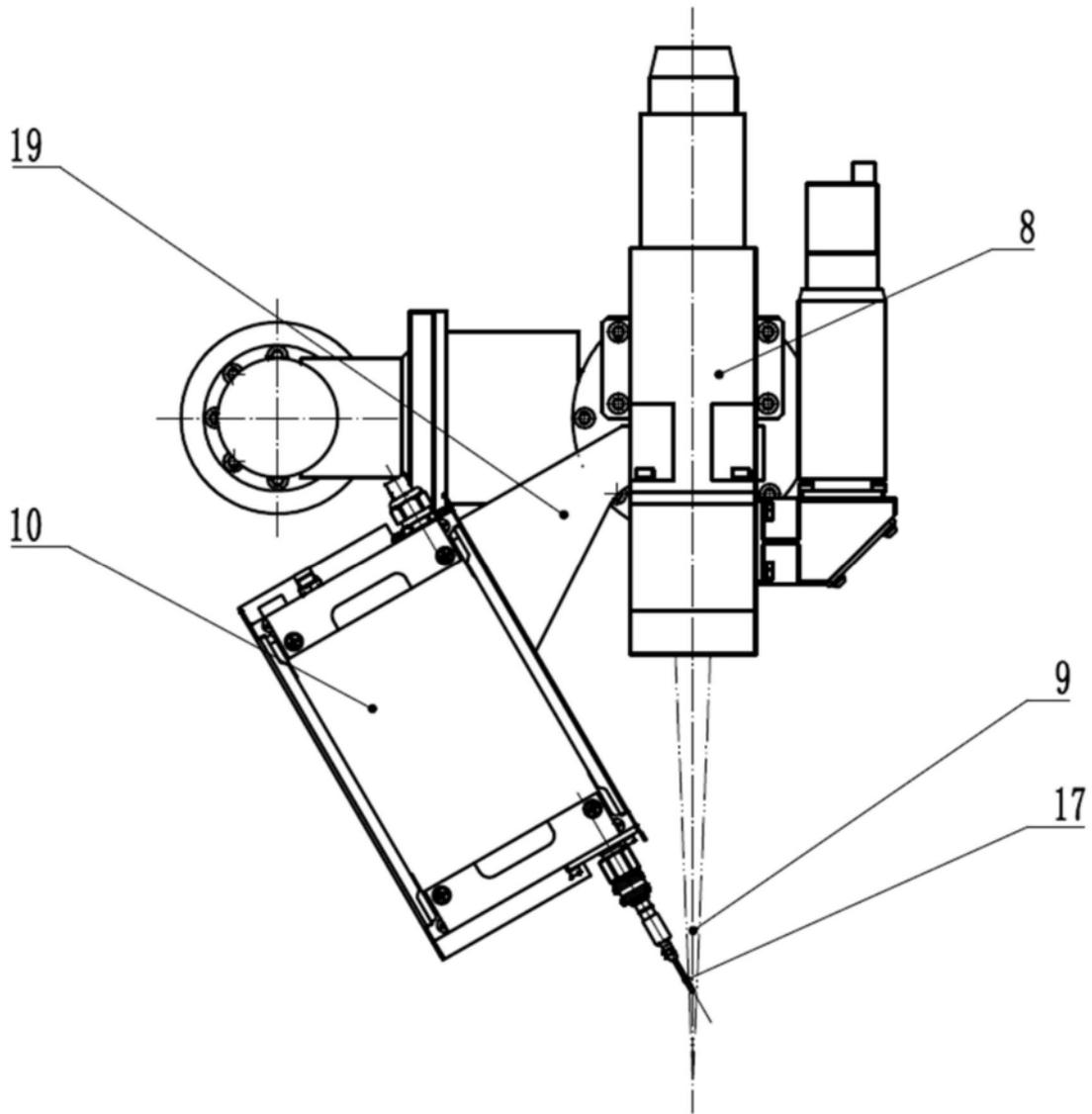


图3

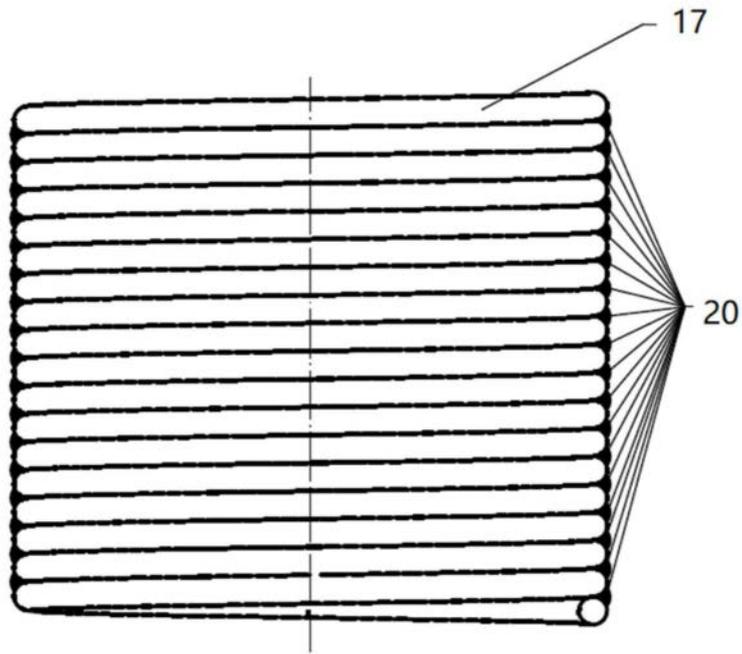


图4

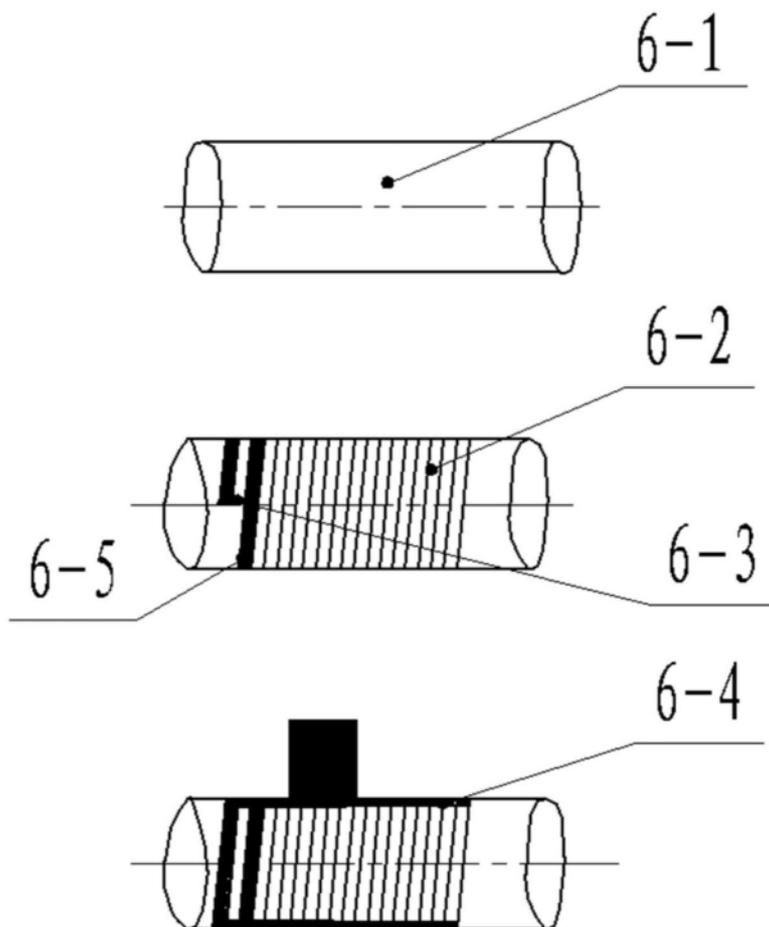


图5