



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107350472 A

(43)申请公布日 2017. 11. 17

(21)申请号 201710636121.9

(22)申请日 2017.07.31

(71)申请人 沈阳工业大学

地址 110870 辽宁省沈阳市经济技术开发
区沈辽西路111号

(72)发明人 苑泽伟 胡锦涛 郑鹏 秦悦

(74)专利代理机构 沈阳智龙专利事务所(普通
合伙) 21115

代理人 宋铁军

(51) Int. Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 30/00(2015.01)

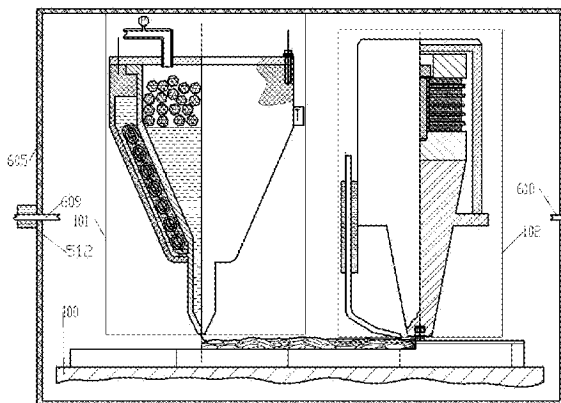
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54)发明名称

一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印
系统及打印方法

(57)摘要

本发明提供了一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:高频感应熔融3D打印装置和超声滚压装置与移动装置连接,高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置和打印平台连接至计算机控制系统,密封外壳的外壳进气管、高频感应熔融3D打印装置和超声滚压装置连接多功能气路系统,密封外壳还设有外壳排气管,多功能气路系统设有惰性润滑气体输送管,高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、密封外壳、电源皆连接循环水冷系统连接循环水冷系统,密封外壳将3D打印装置、超声滚压装置、移动装置和打印平台密封在内部。解决了现有3D打印设备所使用的原材料昂贵、打印速度慢等问题和打印产品性能较差的问题。



1. 一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:包括密封外壳、打印平台、高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、移动装置、多功能气路系统、循环水冷系统和计算机控制系统;高频感应熔融3D打印装置和超声滚压装置位于打印平台的上部与移动装置连接,高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置和打印平台连接至计算机控制系统,密封外壳的外壳进气管、高频感应熔融3D打印装置和超声滚压装置连接多功能气路系统,密封外壳还设有外壳排气管,多功能气路系统设有惰性润滑气体输送管,惰性润滑气体输送管出气口位于超声滚压装置下端的超声工具头旁,出气口对着超声工具头;高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、密封外壳、电源皆连接循环水冷系统,密封外壳将高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、移动装置和打印平台密封在其内部。

2. 根据权利要求1所述的用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:所述高频感应熔融3D打印装置,由感应熔炉、金属外框架、密封垫圈、感应线圈、绝缘涂料和上盖组成,感应熔炉镶嵌在金属外框架内,感应熔炉与金属外框架的水平连接处,皆设置有密封垫圈,感应熔炉内部炉腔的形状为由上至下逐渐减小的圆孔,将炉腔与外侧连通形成打印喷嘴,感应熔炉和金属外框架之间,设有感应线圈,感应线圈周边填充有绝缘涂料,绝缘涂料将感应线圈包覆在内,绝缘涂料和金属外框架之间设有冷却水腔,冷却水腔和感应线圈的腔体皆与循环水冷系统相连,上盖通过连接螺栓a固定于金属外框架的上端将炉腔上端密封,惰性气体保压管道穿过上盖将炉腔和多功能气路系统连通,惰性气体保压管道上设有气压表,金属外框架外壁还连接有测温装置a。

3. 根据权利要求1或2所述的用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:所述打印喷嘴出口直径在 $10\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 之间,打印喷嘴出口的直径大于或等于打印喷嘴与打印平台或已打印成型的金属层之间的间隙。

4. 根据权利要求1所述的用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:所述超声滚压装置由液压缸、框架、超声换能器、超声变幅杆、超声工具头和惰性润滑气体输送管组成,框架的上端面通过连接件连接液压缸,下端面连接在超声变幅杆的凸耳上,所述超声换能器在框架内部,超声换能器包括上振动体、连接螺栓b、陶瓷压电片、铜电极片和下振动体,上振动体在依次交叠的陶瓷压电片和铜电极片的组合体上端,下振动体在依次交叠的陶瓷压电片和铜电极片的组合体下端,上振动体、陶瓷压电片、铜电极片和下振动体通过连接螺栓b固定在一起,连接螺栓b螺杆外有一绝缘套筒,超声变幅杆于下振动体的下端与下振动体连接,超声变幅杆侧面探出有凸耳,凸耳上端面支撑框架并与框架相连,超声变幅杆和框架将超声换能器密封在超声滚压装置的内部,超声变幅杆下端设置有超声工具头。

5. 根据权利要求1所述的用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:所述多功能气路系统包括惰性气源和多个阀门,惰性气源连接有一个总阀门,总阀门的另一端连接有气路转接头,气路转接头转接出的管道为惰性气体保压管道、外壳进气管和惰性润滑气体输送管,惰性气体保压管道设有惰性气体保压管道阀门,外壳进气管设有密封外壳气路阀门,惰性润滑气体输送管设有超声润滑气路阀门,所述外壳排气管设有排气阀门。

6. 根据权利要求1所述的用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:所述循环水冷系统包括蓄水池、冷却水塔、水压表、测温装置b、抽水泵、过滤器和阀门,抽水泵通过设有过滤器的管道与蓄水池一侧连通,抽水泵的另一侧通过管道与水压表一侧连接,水压表的另一侧与感应线圈、冷却水腔、进气冷却水管、润滑气路冷却水管和电源一侧连接,

感应线圈、冷却水腔、进气冷却水管、润滑气路冷却水管和电源的另一侧通过管道连接至测温装置b,测温装置b的另一侧通过管道与冷却水塔和蓄水池相连通。

7. 根据权利要求1所述的用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:所述移动装置包括机械手装置和连接有伺服电机的滚珠丝杠装置,机械手装置端部设有一能够360°自由转动电机,电机连接有夹持装置,夹持装置将超声滚压装置夹持;高频感应熔融3D打印装置通过滚珠丝杠连接伺服电机。

8. 一种使用如权利要求1所述用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统的打印方法,其特征在于:按照如下步骤:

(1) 进行三维建模,编程并导入到高频感应熔融3D打印装置中,投放金属颗粒,清理打印平台;

(2) 启动动力源、惰性气源和循环水冷系统;

(3) 高频感应熔融3D打印装置先开始工作,熔化的金属液通过打印喷嘴按导入模型形状喷射到打印平台上;

(4) 在惰性气体润滑作用下,超声滚压装置对喷射到打印平台的金属的上表面及两侧面进行滚压加工;

(5) 随着感应熔炉内金属液减少,炉内压强降低,通入惰性气体进行保压,使打印喷嘴匀速喷射金属液;

(6) 重复上述步骤(3)~(5)直至金属玻璃零件完成加工。

一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统及打印方法

技术领域

[0001] 本发明属于3D打印技术领域,涉及一种金属玻璃零件的制备技术,具体涉及一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统及打印方法。

背景技术

[0002] 3D打印技术出现在20世纪90年代中期,属于快速成形技术的一种,它不同于传统机械制造的减材成形技术,是一种以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可粘合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术。

[0003] 近年来快速成形技术迅猛发展,以打印方式分类可分为FDM(Fused Deposition Modeling)熔融层积成型技术、SLA(Stereolithography)立体平版印刷技术、SLS(Selective Laser Sintering)选区激光烧结技术、DLP(Digital Light Procession)激光成型技术、UV(Ultra Violet)紫外线成型技术。其中FDM熔融层积成型技术其成型材质多并应用广泛。

[0004] 虽然3D打印拥有众多优点,但它依然存在着不足之处:首先,3D打印成本高、工时长。用于增材制造的材料研发难度大、使用量不大,导致3D打印制造成本较高,而且制造效率低;其次,打印材料受到限制。目前,打印的金属材料大多要求为粒度均匀的粉体,而金属粉末在生产制造过程中难以保证其颗粒的均匀性,导致其价格高昂;最后,所打印产品的精度和质量存在问题。由于3D打印技术固有的成型原理发展还不完善,其打印成型零件的精度(包括尺寸精度、形状精度和表面粗糙度)、物理性能(如强度、刚度、耐疲劳性等)及化学性能等大多不能满足工程实际的使用要求,不能作为功能性零件,只能作原型件使用,从而其应用大打折扣。

[0005] 超声波滚压加工是电子技术与机械技术结合的加工技术,属于无切削加工光整范畴,是电子技术与传统滚压工艺技术的结合。它是在常规滚压装置的基础上附加了一个振动源,使被滚压零件表层材料在受到静压力作用的同时,还受到冲击源引起的动压力作用。振动滚压使材料的表面变形更容易、滚压硬化层更深、残余压应力更大,并能获得更好的表面质量。通过加工工作头沿工件表面法线方向施加一定幅度的超声频机械振动,在一定进给条件下,工作头将静压力和超声冲击振动传递到旋转的机械零部件表面,产生冲挤作用,使金属材料产生大幅度弹塑性变形。与此同时,在超声波冲击和静压力滚压联合作用下,金属工件表面所产生剧烈而均匀的塑性变形导致工件一定深度表层的原始状态晶粒被严重地打碎细化。往复加工可以使零件表面均匀受力,能够同时增大变形量及变形深度,达到进一步细化和均化晶粒的目的,从而获得纳米结构层。由于工件表面被均匀压缩,伴随着产生了残余压缩应力,这对提高机械零部件的抗疲劳和磨损性能非常有利。超声滚压的影响层深更甚于传统滚压,且材料力学性能的改善是递进的,不会产生表层的起皮剥落现象,可以重复加工;对一些刚性较差的细长轴、薄壁件和较软的材料也可以采用这种方法实现镜面加工和加工强化。

[0006] 金属玻璃又称非晶态合金,它既有金属和玻璃的优点,又克服了它们各自的弊病。

制造金属玻璃的关键是保持极高的冷却速度,要在千分之一秒的时间内,把熔化的金属材料冷却为固体,这样的冷却速度等于在一秒钟内把温度突然降低100万摄氏度。由于冷却速度太快了,熔化的合金液体来不及调整为晶体结构,突然被凝固成毫无秩序的固态。几乎所有的金属都可以通过快速凝固的方式成为金属玻璃。

[0007] 非晶金属是一种特殊的物质状态,其微观结构特征决定了它具有许多优异性能,如优异的软磁性能、力学性能、耐腐蚀性能、催化性能、电学性能及对中子射线和 γ 射线的耐辐照性能等。用非晶态材料可以制做高强度、高耐磨器件,也可以与其它材料一起制成性能优良的复合材料;其优异的软磁性能可应用到电子器件和电气设备中;其优越的力学性能化学性能又使它在航空航天领域拥有广阔的应用前景等。

[0008] 虽然非晶态合金性能优异,但其制备较为困难。现有的非晶金属零件通常采用熔体急冷法制备。其制备过程是:向高速运动的、导热性好的金属工件辊面上喷一薄层合金熔体,熔体因急冷而来不及成核结晶,从而形成非晶金属带。该工艺只能制备表面一层非晶层而不能实现整个工件全部由非晶金属构成。而现有的3D打印设备虽可用于生产制造但它依然存在着不足之处:首先,3D打印成本高、工时长。用于增材制造的材料研发难度大、使用量不大,导致3D打印制造成本较高,而且制造效率低;其次,打印材料受到限制。目前,打印的金属材料大多要求为粒度均匀的粉体,而金属粉末在生产制造过程中难以保证其颗粒的均匀性,导致其价格高昂;最后,所打印产品的精度和质量存在问题。由于3D打印技术固有的成型原理发展还不完善,其打印成型零件的精度(包括尺寸精度、形状精度和表面粗糙度)、物理性能(如强度、刚度、耐疲劳性等)及化学性能等大多不能满足工程实际的使用要求,不能作为功能性零件,只能作原型件使用,从而其应用大打折扣。

[0009] 高频感应熔融超声3D打印技术为金属玻璃零件的加工提供了一种新的思路和方法,为金属玻璃零件的实际应用提供了可能。

发明内容

[0010] 发明目的:

为解决上述非晶态金属制备的问题,本发明提供一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统及打印方法,所采用的高频感应熔融加热技术解决了现有3D打印设备所使用的原材料昂贵、打印速度慢等问题。在惰性气体润滑条件下,超声滚压加工装置解决了现有3D打印设备打印产品性能较差的问题。

[0011] 技术方案:

一种用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,其特征在于:包括密封外壳、打印平台、高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、移动装置、多功能气路系统、循环水冷系统和计算机控制系统;高频感应熔融3D打印装置和超声滚压装置位于打印平台的上部与移动装置连接,高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置和打印平台连接至计算机控制系统,密封外壳的外壳进气管、高频感应熔融3D打印装置和超声滚压装置连接多功能气路系统,密封外壳还设有外壳排气管,多功能气路系统设有惰性润滑气体输送管,惰性润滑气体输送管出气口位于超声滚压装置下端的超声工具头旁,出气口对着超声工具头;高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、密封外壳、电源皆连接循环水冷系统,密封外壳将高频感应熔融3D打印装置、超声滚压装置、移动装置和打印平台密封在其内部。

[0012] 所述高频感应熔融3D打印装置,由感应熔炉、金属外框架、密封垫圈、感应线圈、绝缘涂料和上盖组成,感应熔炉镶嵌在金属外框架内,感应熔炉与金属外框架的水平连接处,皆设置有密封垫圈,感应熔炉内部炉腔的形状为由上至下逐渐减小的圆孔,将炉腔与外侧连通形成打印喷嘴,感应熔炉和金属外框架之间,设有感应线圈,感应线圈周边填充有绝缘涂料,绝缘涂料将感应线圈包覆在内,绝缘涂料和金属外框架之间设有冷却水腔,冷却水腔和感应线圈的腔体皆与循环水冷系统相连,上盖通过连接螺栓a固定于金属外框架的上端将炉腔上端密封,惰性气体保压管道穿过上盖将炉腔和多功能气路系统连通,惰性气体保压管道上设有气压表,金属外框架外壁还连接有测温装置a。

[0013] 所述打印喷嘴出口直径在 $10\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 之间,打印喷嘴出口的直径大于或等于打印喷嘴与打印平台或已打印成型的金属层之间的间隙。

[0014] 所述超声滚压装置由液压缸、框架、超声换能器、超声变幅杆、超声工具头和惰性润滑气体输送管组成,框架的上端面通过连接件连接液压缸,下端面连接在超声变幅杆的凸耳上,所述超声换能器在框架内部,超声换能器包括上振动体、连接螺栓b、陶瓷压电片、铜电极片和下振动体,上振动体在依次交叠的陶瓷压电片和铜电极片的组合体上端,下振动体在依次交叠的陶瓷压电片和铜电极片的组合体下端,上振动体、陶瓷压电片、铜电极片和下振动体通过连接螺栓b固定在一起,连接螺栓b螺杆外有一绝缘套筒,超声变幅杆于下振动体的下端与下振动体连接,超声变幅杆侧面探出有凸耳,凸耳上端面支撑框架并与框架相连,超声变幅杆和框架将超声换能器密封在超声滚压装置的内部,超声变幅杆下端设置有超声工具头。

[0015] 所述多功能气路系统包括惰性气源和多个阀门,惰性气源连接有一个总阀门,总阀门的另一端连接有气路转接头,气路转接头转接出的管道为惰性气体保压管道、外壳进气管和惰性润滑气体输送管,惰性气体保压管道设有惰性气体保压管道阀门,外壳进气管设有密封外壳气路阀门,惰性润滑气体输送管设有超声润滑气路阀门,所述外壳排气管设有排气阀门。

[0016] 所述循环水冷系统包括蓄水池、冷却水塔、水压表、测温装置b、抽水泵、过滤器和阀门,抽水泵通过设有过滤器的管道与蓄水池一侧连通,抽水泵的另一侧通过管道与水压表一侧连接,水压表的另一侧与感应线圈、冷却水腔、进气冷却水管、润滑气路冷却水管和电源一侧连接,感应线圈、冷却水腔、进气冷却水管、润滑气路冷却水管和电源的另一侧通过管道连接至测温装置b,测温装置b的另一侧通过管道与冷却水塔和蓄水池相通。

[0017] 所述移动装置包括机械手装置和连接有伺服电机的滚珠丝杠装置,机械手装置端部设有一能够 360° 自由转动电机,电机连接有夹持装置,夹持装置将超声滚压装置夹持;高频感应熔融3D打印装置通过滚珠丝杠连接伺服电机。

[0018] 一种使用所述用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统的打印方法,其特征在于:按照如下步骤:

(1) 进行三维建模,编程并导入到高频感应熔融3D打印装置中,投放金属颗粒,清理打印平台;

(2) 启动动力源、惰性气源和循环水冷系统;

(3) 高频感应熔融3D打印装置先开始工作,熔化的金属液通过打印喷嘴按导入模型形状喷射到打印平台上;

(4) 在惰性气体润滑作用下,超声滚压装置对喷射到打印平台的金属的上表面及两侧面进行滚压加工;

(5) 随着感应熔炉内金属液减少,炉内压强降低,通入惰性气体进行保压,使打印喷嘴匀速喷射金属液;

(6) 重复上述步骤(3)~(5)直至金属玻璃零件完成加工。

[0019] 优点及效果:

为金属玻璃零件的制造提供了一种新的方法,解决了现有工艺方法只能使零件表层拥有金属玻璃的特性,而非整个零件均是金属玻璃构成的难题。市场上现有的3D打印设备所采用金属材料多为金属粉末,对金属粉末的球形度、流动性和松装密度要求较高,导致其价格昂贵;本发明提出了将高频感应熔融应用到3D打印设备中,采用金属颗粒代替金属粉末,极大的降低了生产成本并提高了3D打印机的打印效率。3D打印过程中由于熔融金属液温度较高,打印出的零件温度较高,导致冷却后零件内部晶格较为粗大、晶粒之间的间隙较大,存在的残余应力较大,导致零件的机械性能和表面质量较差。而本发明在高频感应熔融3D打印装置后加入超声滚压装置,利用超声滚压加工的优点可以消除3D打印零件内部的残余应力,细化晶粒、减小晶粒间隙提高其机械性能;经过超声滚压装置加工后的零件可以显著降低其表面粗糙度,使其拥有较好的表面质量,不需要进行二次加工处理。本发明中感应熔炉可以看作一个密闭容器,在上盖处添加一惰性气体保压管道,使感应熔炉内的金属及金属液处于惰性气体气氛中,避免了其接触空气而被氧化,同时可使感应熔炉内的压强保持稳定,使打印喷嘴匀速喷射金属液;整个系统均处于惰性气体气氛中,有效避免了打印的金属层接触空气被氧化腐蚀的问题。本发明是一种高效率、高质量,采用循环水冷却和惰性气体保护,属于无毒无害无污染的绿色加工系统和制造方法。

附图说明

[0020] 图1、用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统打印过程的示意图;

图2、高频感应熔融3D打印装置结构图;

图3、超声滚压装置结构图;

图4、机械手夹持超声滚压装置结构图;

图5、循环水冷系统示意图;

图6、多功能气路系统示意图。

[0021] 所述标注为:100.打印平台、101.高频感应熔融3D打印装置、102.超声滚压装置、200.惰性气体保压管道、201.上盖、202.炉腔、203.感应熔炉、204.感应线圈、205.绝缘涂料、206.金属颗粒、207.连接螺栓a、208.冷却水腔、209.金属外框架、210.测温装置a、211.金属液、212.密封垫圈、213.打印喷嘴、260.电源、300.液压缸、301.连接件、302.框架、303.上振动体、304.连接螺栓b、305.陶瓷压电片、306.铜电极片、307.下振动体、308.超声变幅杆、309.超声工具头、310.惰性润滑气体输送管、311.凸耳、312.绝缘套筒、401.固定基座、402.立架、403.大臂、404.小臂、405.转动手腕、406.夹持装置、500.蓄水池、501.水源、502.浮球阀、503.冷却水塔、504.测温装置b、505.阀门a、506.阀门b、507.水压表、508.抽水泵、509.过滤器、510.阀门c、511.总排水管、512.进气冷却水管、513.润滑气路冷却水管、600.惰性气源、601.总阀门、602.气路转接头、603.惰性气体保压管道阀门、604.气压表、605.

密封外壳、606.密封外壳气路阀门、607.超声润滑气路阀门、608.排气阀门、609.外壳进气管、610.外壳排气管。

具体实施方式

[0022] 如图1、图2、图3、图4、图5和图6所示：

用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统,包括密封外壳605、打印平台100、高频感应熔融3D打印装置101、超声滚压装置102、移动装置、多功能气路系统、循环水冷系统和计算机控制系统;高频感应熔融3D打印装置101,由感应熔炉203、金属外框架209、密封垫圈212、感应线圈204、绝缘涂料205和上盖201组成,感应熔炉203镶嵌在金属外框架209内,感应熔炉203与金属外框架209的水平连接处,皆设置有密封垫圈212,感应熔炉203内部炉腔202的形状为由上至下逐渐减小的圆孔,将炉腔202与外侧连通形成打印喷嘴213,打印喷嘴213出口直径在 $10\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 之间,打印喷嘴213出口的直径大于或等于打印喷嘴213与打印平台100或已打印成型的金属层之间的间隙。感应熔炉203和金属外框架209之间,设有感应线圈204,感应线圈204周边填充有绝缘涂料205,绝缘涂料205将感应线圈204包覆在内,绝缘涂料205和金属外框架209之间设有冷却水腔208,冷却水腔208和感应线圈204的腔体皆与循环水冷系统相连,上盖201通过连接螺栓a207固定于金属外框架209的上端将炉腔202上端密封,惰性气体保压管道200穿过上盖201将炉腔202和多功能气路系统连通,惰性气体保压管道200上设有气压表604,金属外框架209外壁还连接有测温装置a210。超声滚压装置102由液压缸300、框架302、超声换能器、超声变幅杆308、超声工具头309和惰性润滑气体输送管310组成,框架302的上端面通过连接件301连接液压缸300,下端面连接在超声变幅杆308的凸耳311上,所述超声换能器在框架302内部,超声换能器包括上振动体303、连接螺栓b304、陶瓷压电片305、铜电极片306和下振动体307,上振动体303在依次交叠的陶瓷压电片305和铜电极片306的组合物上端,下振动体307在依次交叠的陶瓷压电片305和铜电极片306的组合物下端,上振动体303、陶瓷压电片305、铜电极片306和下振动体307通过连接螺栓b304固定在一起,连接螺栓b304螺杆外有一绝缘套筒312,超声变幅杆308于下振动体307的下端与下振动体307连接,超声变幅杆308侧面探出有凸耳311,凸耳311上端面支撑框架302并与框架302相连,超声变幅杆308和框架302将超声换能器密封在超声滚压装置102的内部,超声变幅杆308下端设置有超声工具头309。高频感应熔融3D打印装置101和超声滚压装置102位于打印平台100的上部与移动装置连接,移动装置包括机械手装置和连接有伺服电机的滚珠丝杠装置,机械手装置端部设有一能够 360° 自由转动电机,电机连接有夹持装置406,夹持装置406将超声滚压装置102夹持;高频感应熔融3D打印装置101通过滚珠丝杠连接伺服电机。高频感应熔融3D打印装置101、超声滚压装置102和打印平台100连接至计算机控制系统,密封外壳605的外壳进气管609、高频感应熔融3D打印装置101和超声滚压装置102连接多功能气路系统,多功能气路系统包括惰性气源600和多个阀门,惰性气源600连接有一个总阀门601,总阀门601的另一端连接有气路转接头602,气路转接头602转接出的管道为惰性气体保压管道200、外壳进气管609和惰性润滑气体输送管310,惰性气体保压管道200设有惰性气体保压管道阀门603,外壳进气管609设有密封外壳气路阀门606,惰性润滑气体输送管310设有超声润滑气路阀门607,所述外壳排气管610设有排气阀门608。密封外壳605还设有外壳排气管610,多功能气路系统设有惰性润滑气体输送管310,惰性润滑气体

输送管310出气口位于超声滚压装置102下端的超声工具头309旁,出气口对着超声工具头309;高频感应熔融3D打印装置101、超声滚压装置102、密封外壳605、电源260皆连接循环水冷系统,循环水冷系统包括蓄水池500、冷却水塔503、水压表507、测温装置b504、抽水泵508、过滤器509和阀门,抽水泵508通过设有过滤器509的管道与蓄水池500一侧连通,抽水泵508的另一侧通过管道与水压表507一侧连接,水压表507的另一侧与感应线圈204、冷却水腔208、进气冷却水管512、润滑气路冷却水管513和电源260一侧连接,感应线圈204、冷却水腔208、进气冷却水管512、润滑气路冷却水管513和电源260的另一侧通过管道连接至测温装置b 504,测温装置b 504的另一侧通过管道与冷却水塔503和蓄水池500相连通。密封外壳605将高频感应熔融3D打印装置101、超声滚压装置102、移动装置和打印平台100密封在其内部。

[0023] 使用用于制备金属玻璃零件的超声3D打印系统的打印方法,按照如下步骤:

(1) 进行三维建模,编程并导入到高频感应熔融3D打印装置中,投放金属颗粒,清理打印平台;

(2) 启动动力源、惰性气源和循环水冷系统;

(3) 高频感应熔融3D打印装置先开始工作,熔化的金属液通过打印喷嘴按导入模型形状喷射到打印平台上;

(4) 在惰性气体润滑作用下,超声滚压装置对喷射到打印平台的金属的上表面及两侧面进行滚压加工;

(5) 随着感应熔炉内金属液减少,炉内压强降低,通入惰性气体进行保压,使打印喷嘴匀速喷射金属液;

(6) 重复上述步骤(3)~(5)直至金属玻璃零件完成加工。

[0024] 高频感应熔融超声3D打印装置的原理:当感应线圈204通入交流电产生感应磁通,一部分磁通穿过感应熔炉203内的金属颗粒206,在金属颗粒206的表面一定深度内产生感应电流,因金属颗粒206自身存在电阻而进行加热熔融成金属液体,由打印喷嘴213将金属液体喷射到打印平台100上打印成型。在打印喷嘴213进行喷射金属液211的同时,超声滚压装置102对喷射到打印平台100上的金属进行超声滚压加工,先使金属晶格细化和均化,进一步滚压加工终使其转变为金属玻璃零件。

[0025] 本发明采用高频感应熔融直接制造技术,它属于FDM(Fused Deposition Modeling)熔融层积成型技术,所采用的热源为高频感应熔融加热。熔化金属在磁力作用下能自动搅拌,质量容易控制;加热深度可根据要求加以选择,加大电流,可实现极速加热,生产效率高,并可实现批量生产;易实现机械化和自动化;可在真空或各种气氛中加热,表面氧化皮少;劳动条件好。现有的3D打印机所采用的材料基本均为金属粉末,并且对粉末要求较高,而大部分金属制造出满足3D打印机使用要求的金属粉末较为困难。本发明利用高频感应加热技术,采用金属颗粒作为原材料,既降低3D打印对使用材料的要求,又降低打印成本、提高了打印效率。

[0026] 高频感应熔融超声3D打印装置按所用金属颗粒质量分为四个量级,100克以下的小型超声3D打印设备,100克以上500克以下中型超声3D打印设备,500g以上1000g以下的大型超声3D打印设备以及1000g以上的超大型超声3D打印设备。

[0027] 为了防止金属玻璃零件在打印制造过程中在空气氛围中被氧化,采用惰性气体进

行保护,在密封外壳605内部充满惰性气体,同时惰性润滑气体(一般选用氦气或氩气)经循环水冷系统处理,可以起到降温加快凝固的作用。

[0028] 为满足各种外形金属玻璃零件的制备,高频感应熔融超声3D打印装置拥有六个自由度,通过移动装置完成各个方向的运动。高频感应熔融3D打印装置主要承担该打印装置沿X轴、Y轴和Z轴三个方向的移动自由度。通过伺服电机带动高精度滚珠丝杠来控制高频感应熔融3D打印装置沿X轴、Y轴和Z轴三个方向的移动自由度;超声滚压装置和一拥有六自由度的机械手连接,由机械手带动完成加工过程中所需要的移动自由度及转动自由度。打印平台装置承担该装置水平转动自由度,通过伺服电机带动一对高精度啮合的齿轮来控制打印平台的水平转动自由度。这样将装置所需要的自由度分散开来有利于提高设备的整体加工精度。所述打印平台100作为打印零件的载体,打印平台100下端中心处设有一竖直中心轴,中心轴通过齿轮与伺服电机啮合。打印平台100转动自由度由伺服电机带动的一对高精度啮合的齿轮控制。根据打印喷嘴213的喷射速度、零件要进行超声滚压加工部位的外形,通过控制计算机的控制进行任意角度的转动,辅助完成金属玻璃零件的高频感应熔融超声3D打印,特别是盘型零件、中心对称零件,可降低高频感应熔融3D打印装置重复运动量,提高其打印精度。

[0029] 高频感应加热的原理:金属颗粒206放置于感应熔炉203中,感应熔炉203和金属外框架209之间缠绕着由铜管缠绕制成的感应线圈204,当有交流电流输入感应线圈204时,在感应线圈204内激发交变磁通。当交变磁通穿过被加热的金属颗粒206时,因电磁感应产生感应电流,这种涡状电流因金属颗粒206自身的电阻而做功,把电能转化为热能,使金属颗粒206受热升温,从而达到加热或融化的目的。

[0030] 所述感应熔炉203由耐火层、隔热层和绝缘层组成,感应熔炉203是高频感应熔融3D打印装置101的重要组成部分,也是关键部分之一。它除了盛装金属液211的作用外还起着绝热、绝缘和传递能量的作用。本装置感应熔炉203所采用的耐火材料为氧化铝陶瓷或氧化锆陶瓷,绝缘涂料205为无碱玻璃布、天然云母。

[0031] 所述感应线圈204优选的采用空心铜管制作,铜作为一种常见的金属材料,有良好的延展性、导热性和导电性,被广泛应用于各个行业。感应线圈204在制备成型过程中加入石墨烯,因石墨烯的特殊结构导致其具有优异的导电性、热导率以及较高的强度和硬度,添加石墨烯可提高感应线圈204的导电性和降低能量损耗,并可在一定程度上提高感应线圈的204强度和硬度。因感应熔炉203壁相比较薄,在进行金属颗粒206熔融加热时,感应线圈204处在高温工作环境中。高温主要来源有两部分:一、感应线圈204在工作时电流甚大因其自身的电阻而引发的热量;二、感应熔炉203内的熔融金属传递给感应线圈204的热量,两部分热量较大。铜的电阻温度系数等于 $0.004/^{\circ}\text{C}$,其工作温度每降低 10°C ,电阻减少4%,亦即电能损耗降低4%。因而感应线圈204必须进行冷却,如不冷却高温既增加了感应线圈204的能耗,又易使感应线圈204烧毁产生故障。

[0032] 本3D打印系统采用循环水冷却具有以下特点:循环水冷却方式能任意调节冷却水的温度,循环水冷却方式能节约大量宝贵的水资源,循环水冷却方式使用去离子水或蒸馏水,在仪器设备的水路中不会产生水垢,能延长设备的使用寿命,提高其系统的稳定性。感应熔炉203是镶嵌在金属外框架209上的,金属外框架209连接移动装置。在绝缘涂料205与金属外框架209之间的冷却水腔208布置冷却水,冷却水采用去离子水或蒸馏水,在循环水

冷系统的显著位置安装水压表507,方便经常观测冷却水压;各水冷构件中的冷却水统一流入冷却塔503,进行降温冷却,在冷却水流入冷却塔503之前的水管上安装测温装置b 504,这样便于检查冷却水是否畅通,可以及时观察水温情况。经过冷却水的降温处理,感应线圈204的工作温度、电阻率降低,从而降低电能损耗。为了通水冷却,感应线圈204采用空心铜管制作,截面制作成椭圆形或矩形。在感应线圈204相同高度情况下,用矩形或椭圆形铜管可以安放更多的匝数。对于感应线圈204之间的绝缘处理,本装置采用喷涂绝缘涂料205来实现,采用这种方式可提高整个感应线圈204的机械强度和耐振性,由于绝缘涂料205拥有较好的耐热性,可以进一步起到保护感应线圈204的作用。测温装置a 210检测打印喷嘴213内以及感应熔炉203内的金属液211的温度,通过调整感应线圈204内流通的电流大小来调节温度,防止感应线圈204过度加热影响装置的使用寿命。

[0033] 为保证金属液由打印喷嘴213匀速喷射,在感应熔炉203上盖201处添加一惰性气体保压管道200,通过调整感应熔炉203内惰性气体的充入量来保持感应熔炉203内的压强保持恒定。打印喷嘴213采用耐高温材料制造,如氧化铝陶瓷或氧化锆陶瓷,其直径在 $10\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 之间。虽然金属液经过循环水冷装置冷却但仍然具有较高温度,为防止喷射出的高温金属液在空气中氧化,采用惰性气体进行保护(常用惰性气体氦气或氩气),而且该惰性气体经过冷却处理,可以进一步促使金属冷却。考虑到打印过程是持续喷射高温金属液,并对喷射成型的金属进行超声滚压加工,所以将整个装置置于惰性气体气氛中,即在装置外加一层密封外壳605,该密封外壳605可采用非金属材料,如有机玻璃、ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)工程塑料。在其内部空间充满惰性气体,保证整个打印过程打印的金属层不被氧化。

[0034] 超声滚压原理:超声波动力源将工频交流电能转变为有一定功率输出的超声频电振荡,超声换能器将超声频电振荡转变为超声机械振动,通过超声变幅杆308使固定在超声变幅杆308端部的超声工具头309振荡产生超声波振动,迫使超声工具头309不断高速地撞击、滚压被加工表面。超声波动力源是设备动力源中一部分,为整个超声装置提供所需的超声波,也可以称之为超声波发生器,通过传输线与陶瓷压电片305和铜电极片306连接。液压缸300是提供压力的动力源,液压缸300产生的压强稳定可控;具体加压方式为:液压缸300通过连接件301将压力传递到框架302上,框架302与超声变幅杆308上的凸耳311连接,将压力输送到超声工具头309最终作用到工件表面。由于加载方式是通过连接件301进行,可看作面载荷加压,可使超声滚压装置102均匀受压。

[0035] 超声换能器是将超声波发生器产生的超声频电能转换成超声振动的机械能,本装置采用夹心式压电换能器,为提高夹心式压电换能器的功率,采用螺栓连接加压结构。超声变幅杆308是将超声波换能器转换来的超声振动机械能进行振幅放大和聚能,超声变幅杆308还可以作为机械阻抗变换器,在换能器和负载之间架起桥梁,进行阻抗匹配,使超声能量更有效的从换能器向负载传输。此外,在超声设备的机构工艺上,通常在变幅杆或半波长等截面杆的波长平面上加带一个凸耳311,利用凸耳311外接框架302将超声振动系统固定在超声设备上。在向高温或腐蚀介质辐射超声能量时还可以借助于变幅杆把超声波换能器与恶劣环境隔离开,使超声波换能器避免腐蚀及减少受到热的影响。下振动体307与超声变幅杆308通过连接螺栓b 304联接,连接螺栓b 304螺栓杆套有绝缘套筒312。超声工具头309与超声变幅杆308连接,接收经过超声变幅杆308放大和聚能后的超声振动机械能,实现对

工件的超声滚压加工。超声工具头309拥有多种类型,可根据需要加工处理零件的外形设计成球形、圆柱形、滚轮形状;超声工具头309也可以是刀具,如果超声工具头309换成刀具的话,则可进行减材加工;超声工具头309也可以是砂轮,如将超声工具头309换为砂轮则可以进行超声磨削加工;超声工具头309也可以是钻头,将超声工具头309换为钻头则可以进行超声钻孔加工等。

[0036] 在超声滚压装置102工作时,超声工具头309与喷射到打印平台100的金属之间,通过惰性润滑气体输送管310充入足量经过冷却处理的惰性气体,该惰性气体有二方面作用:一、冷却喷射到打印平台100上的金属;二、由于喷射到打印平台100上的金属其温度依然较高,超声滚压加工过程中如无润滑剂,超声工具头309表面容易粘结一层金属,影响超声滚压加工的质量,在金属玻璃零件的超声3D打印过程中为了不引入其他污染又不能添加常规润滑剂,所以此惰性气体充当润滑剂,在超声滚压加工时对超声工具头309进行润滑。

[0037] 所述移动装置包含伺服电机带动高频感应熔融3D打印装置101运动的滚珠丝杠、带动超声滚压装置102运动的机械手和伺服电机带动打印平台100转动的齿轮。沿X、Y、Z三方向的移动自由度均有伺服电机带动高精度滚珠丝杠在计算机控制系统的控制下运动。超声滚压装置102的运动由具有六自由度的机械手装置带动完成。该机械手主要由固定基座401、立架402、大臂403、小臂404、转动手腕405和夹持装置406六部分组成,其中固定基座401为整个机械手提供支撑,上部装有一对啮合的齿轮,伺服电机通过带动啮合的齿轮运动使机械手旋转。立架402和大臂403铰接,大臂403和小臂404铰接,大臂403带动小臂404完成机械手的伸展和收缩运动。小臂404和大臂403的局部转动自由度也是通过伺服电机带动啮合的齿轮运动来完成。夹持装置406和转动手腕405联接实现机械手的转动自由度,转动手腕405可实现360°无死角转动,并且夹持装置406可单独完成对超声装置的夹持作用。转动手腕405与小臂404连接处有一电机带动的转轴,电机带动转轴可实现360°自由转动;夹持装置406主要靠两侧夹持爪夹取工件,夹取爪为仿生手指外形制造,其动力靠电机带动内部连杆机构提供。

[0038] 所述动力源包括电源260和惰性气源600,电源260包括高频感应熔融电源、超声波驱动电源、各装置所需的伺服电机电源。高频感应熔融电源一般采用高频电子震荡器,为高频感应熔融3D打印装置101提供高频电流,超声波动力源为超声滚压装置102提供所需超声波,伺服电机为运动部件提供动力,电源为各部分装置及辅助部件提供所需电源。

[0039] 所述计算机控制系统主要由计算机、检测装置及控制PLC组成,对打印装置的各个部件监测,并进行控制。打印过程中的感应线圈204电流、冷却水208流速、惰性气体流量均由控制计算机完成。

[0040] 本系统中采用的水冷循环系统工作流程为:当水冷系统工作时,抽水泵508将水从蓄水池500经过滤器509抽出,由抽水泵508抽出的冷却水分别流入感应线圈204、冷却水腔208、进气冷却水管512、润滑气路冷却水管513和电源260,使用后的冷却水统一排出,排出的冷却水由测温装置b 504检测,如温度较低,测温装置b 504和冷却水塔503之间的阀门b 506关闭,测温装置b 504和蓄水池500之间的阀门a 505开启流入蓄水池500;如温度较高,则阀门a 505关闭、阀门b 506开启,使用过的冷却水流入冷却水塔503冷却降温后流入蓄水池500,蓄水池500内的冷却水长时间使用产生消耗,由浮球阀502控制经由水源501进行补充,长时间使用的冷却水需要更换时,由总排水管511排出,并由蓄水池500和总排水管511

之间的阀门c 510控制,并且整个装置中的水压由水压表507进行监测,防止水冷循环系统水压值异常出现安全事故。

[0041] 本系统中气路装置工作流程为:由惰性气源600产生系统所需要的惰性气体,通过总阀门601经由气路转接头602分为三部分;一部分通向高频感应熔融3D打印装置101,为感应熔炉203提供保压装置所需的惰性气体,经由惰性气体保压管道200通入熔炉内,观察气压表604所显示气压值,通过调节惰性气体保压管道阀门603维持感应熔炉203内部的压强恒定,使打印喷嘴213匀速喷射金属液;另一部分通入密封外壳605内,为整个系统提供惰性气体环境,密封外壳气路阀门606控制密封外壳605;最后一部分通向超声滚压装置102做润滑剂,为超声工具头309提供润滑,由超声润滑气路阀门607控制气体流量;整个装置使用后的惰性气体由排气阀门608控制通过外壳排气管610排出。

[0042] 本发明打印原理:当感应线圈204通入交流电产生感应磁通,一部分磁通穿过感应熔炉203内的金属颗粒206,在金属颗粒206的表面一定深度内产生感应电流,因金属颗粒206自身存在电阻而进行加热熔融成金属液体,由打印喷嘴213将金属液体喷射到打印平台100上打印成型。在打印喷嘴213进行喷射金属液211的同时,超声滚压装置102对喷射到打印平台100上的金属层进行超声滚压加工,先使金属晶格细化和均化,进一步滚压加工终使其转变为金属玻璃零件。

[0043] 针对不同量级的金属颗粒本发明涉及的超声3D打印设备可分为四类:小型超声3D打印设备、中型超声3D打印设备、大型超声3D打印设备和超大型超声3D打印设备。根据打印设备的大小生产的打印设备零部件的加工精度与技术要求也不同也可根据实际要求进行定制加工。以下以中型超声3D打印设备为例进行说明;中型超声3D打印设备所采用的金属颗粒质量为100g~500g之间。

[0044] 实施例:

首先根据要打印零件的参数建立三维模型,根据所建模型进行编程,将建立程序导入到高频感应熔融3D打印机中,设置打印参数,清理打印平台,将金属颗粒206投入到感应熔炉203,先启动水冷循环再启动动力源,做好前期准备工作。当感应线圈204中通入交流电时产生交变的磁通,一部分磁通透过感应熔炉203穿过金属颗粒206,在金属颗粒206表面一定深度产生感应电流,因金属颗粒206本身存在电阻而被发热直到熔化,熔融成液态的金属由打印喷嘴213靠感应熔炉203内的压强压迫,喷射到打印平台100上。其中打印喷嘴213的直径大于或等于打印喷嘴213与打印平台100或金属层之间的距离,在打印过程中通过流体力和打印喷嘴213侧壁抹平作用,进一步提高打印出金属层的表面质量。高频感应熔融超声3D打印过程中通过测温装置a210对感应熔炉203内金属液211的温度进行测量,方便调整感应线圈204中通入电流的大小,实现对加热温度的调控。高频感应熔融3D打印装置101、高频感应熔融3D打印装置101的动力源、超声滚压装置102的动力源和移动装置的动力源皆连接循环水冷系统,对高温部件进行冷却降温处理。当金属喷射到打印平台100上,超声滚压装置102在机械手的带动下,通过超声工具头309对喷射出的金属层进行超声滚压加工,为了提高生产效率,可以在高频感应熔融3D打印装置101打印多层金属后再进行超声滚压加工,提高产品的生产效率。超声滚压加工先使金属晶粒细化和均化,继续进行超声滚压加工最终使其转变为金属玻璃零件。超声滚压过程中在超声工具头309和金属层之间冲入足量氦气或氩气充当润滑剂,防止打印喷嘴213喷射到打印平台100上的高温金属粘结到超声工具头

309上,影响接下来超声滚压加工。惰性气体作润滑剂不会带来新的污染,能保证得到高质量的金属玻璃零件。

[0045] 以上内容是结合优选技术方案对本发明所做的详细说明,不能认定发明的具体实施仅限于这些,对于在不脱离本发明思想前提下做出的简单推演及替换,都应当视为本发明的保护范围。

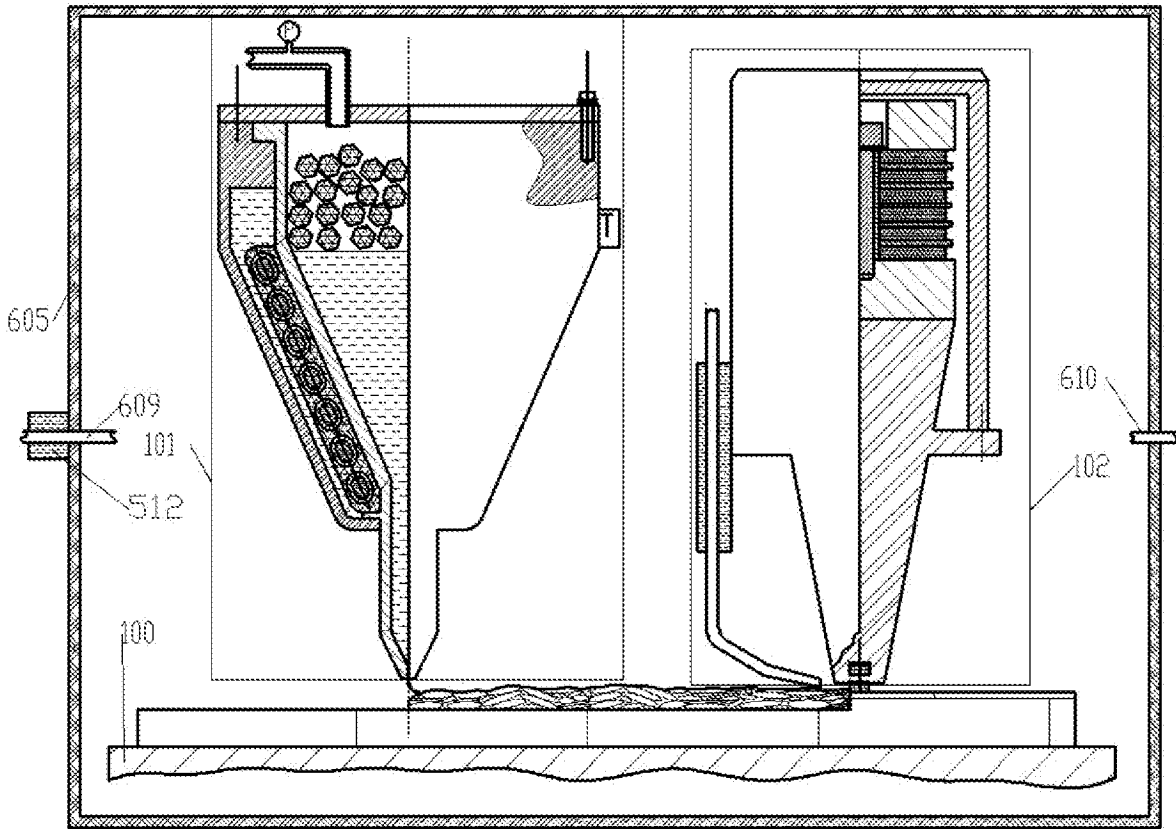


图1

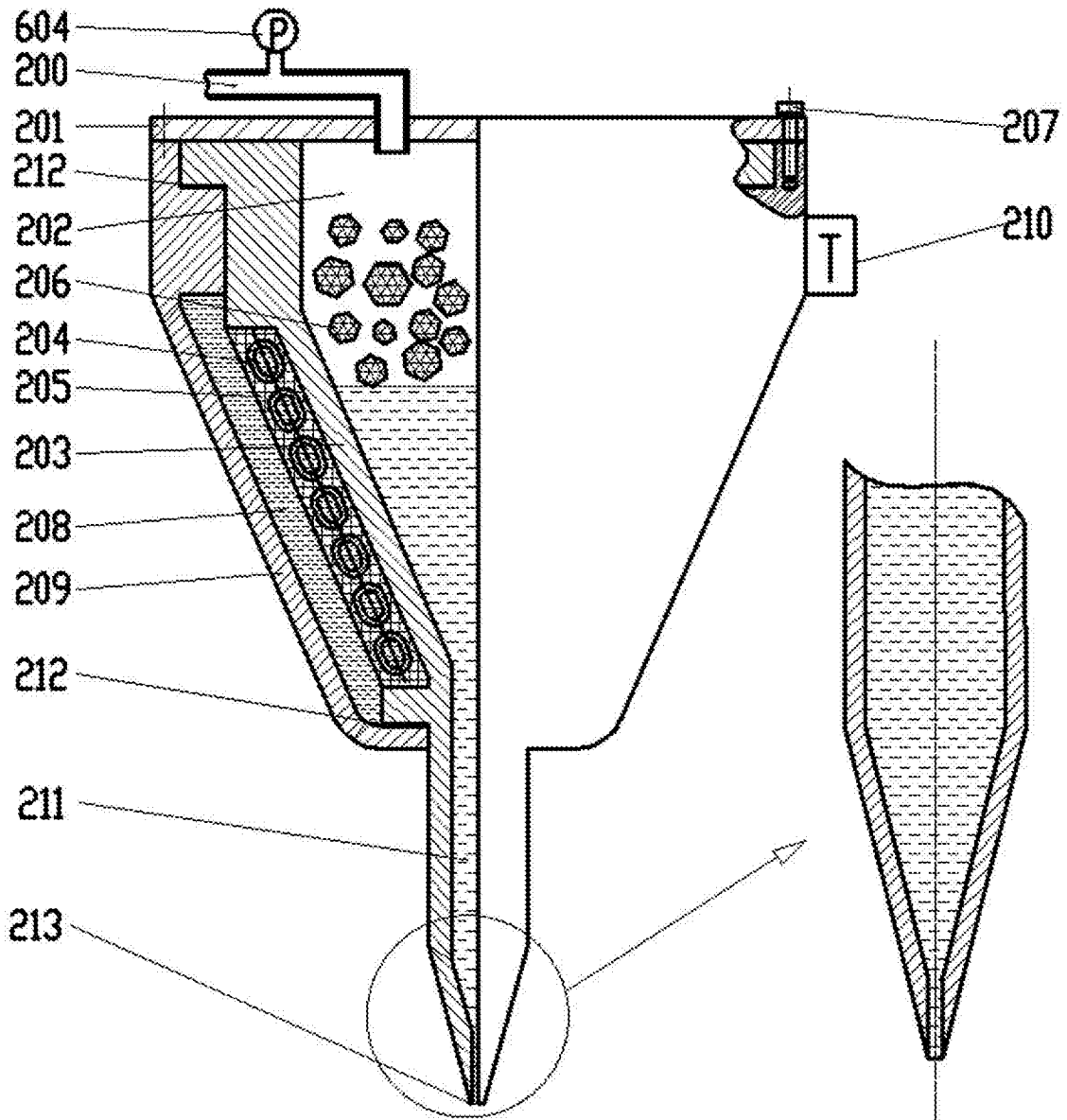


图2

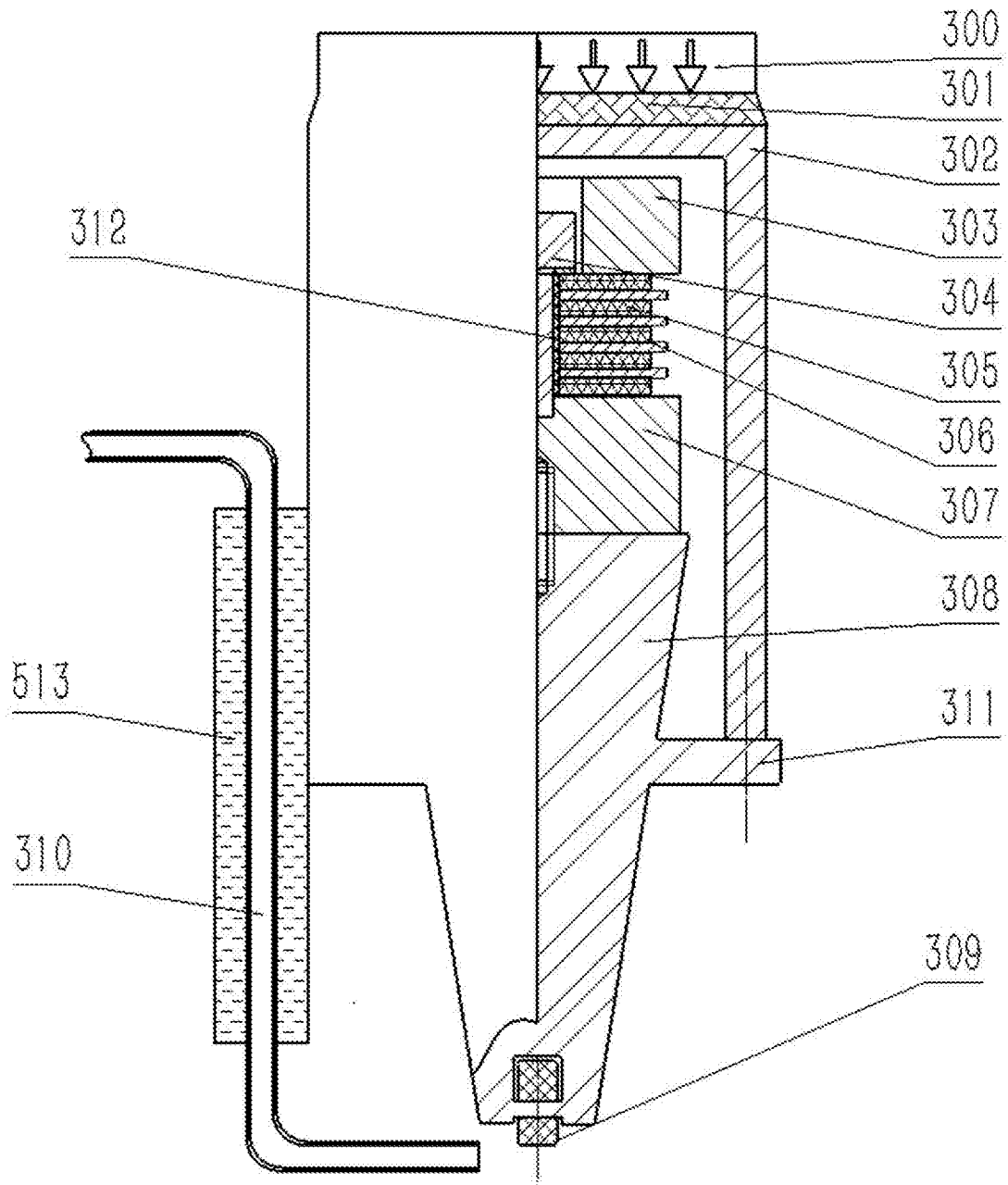


图3

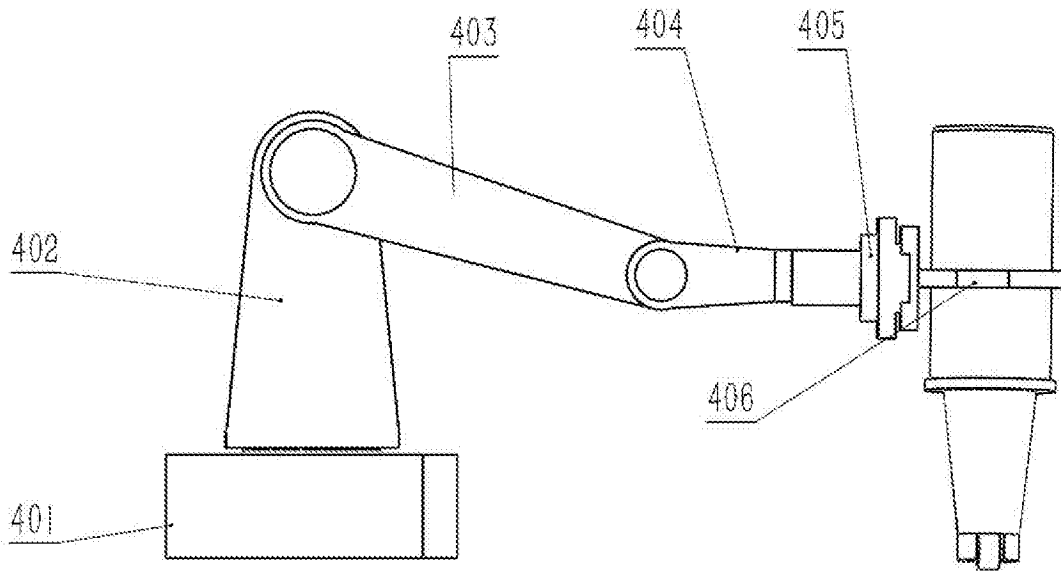


图4

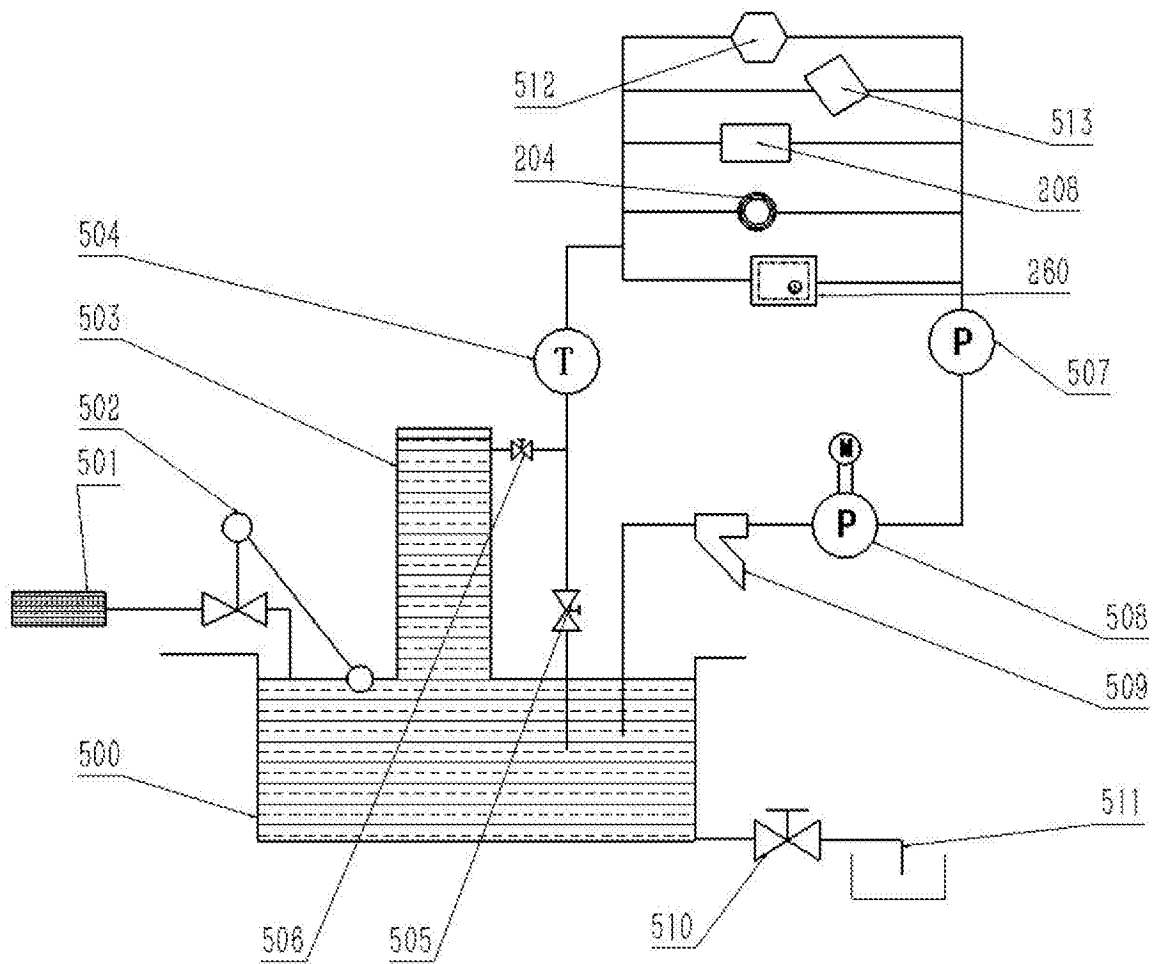


图5

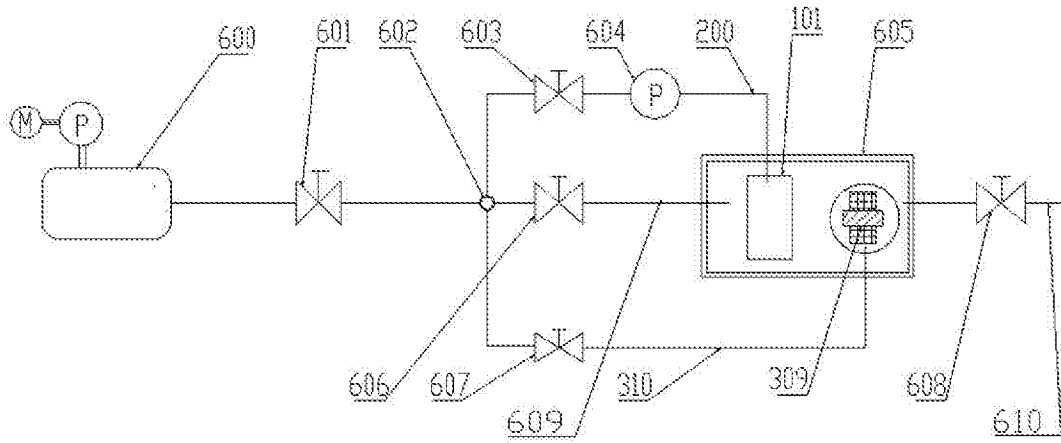


图6