



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103726049 B

(45) 授权公告日 2016.05.25

(21) 申请号 201410011190.7

(22) 申请日 2014.01.09

(73) 专利权人 武汉新瑞达激光工程有限责任公司

地址 430074 湖北省武汉市东湖高新技术开发区关山二路一号国际企业中心伟创楼B座302室

专利权人 华中科技大学

(72) 发明人 曾晓雁 朱海红 王福德 王泽敏 陈立新 李重洋 张红波

(74) 专利代理机构 武汉东喻专利代理事务所 (普通合伙) 42224

代理人 方放

(51) Int. Cl.

G23C 24/10(2006.01)

(56) 对比文件

CN 203807559 U, 2014.09.03, 权利要求

1-6.

CN 1883852 A, 2006.12.27, 全文.

CN 103480845 A, 2014.01.01, 全文.

李怀学等. “金属零件激光增材制造技术的发展及应用”. 《航空制造技术》. 2012, (第20期), 第26-31页.

关凯. “不锈钢零件的选择性激光熔化成型规律及微观形貌研究”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库》. 2012, 第9-15、34-19页.

审查员 漆海清

权利要求书2页 说明书12页 附图6页

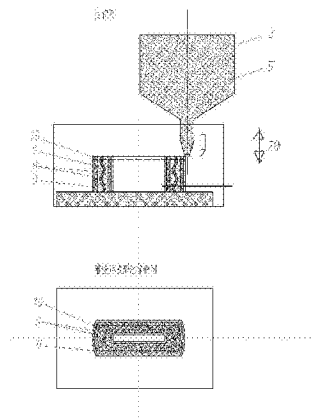
(54) 发明名称

一种金属零件的激光增材制造方法和装备

(57) 摘要

本发明公开了一种金属零件的激光增材制造方法及装备。该方法采用逐层制造的随形缸作为成型缸,即在制造每一金属零件层前,先制备一层闭合薄壁墙,其形成的空腔作为随形腔,该随形腔的高度与待制造的金属零件层相同,且形状相适应,为铺粉提供平面基准和腔体;利用逐层制造随形腔,采用扫描振镜进行选择激光熔化成形,逐层制造金属零件层,各层随形腔最终层叠形成随形缸,各金属零件层累加形成金属零件。该装备包括激光振镜熔化成形装置和薄壁墙制备装置;二者交替工作,完成选择性激光熔化成形。本发明既保留了 SLM 金属增材制造技术的优点,又采用随形缸,突破常规 SLM 设备固定尺寸成型缸的限制,可以实现大尺寸甚至超大尺寸零件的高精度制造。

CN 103726049 B



1. 一种金属零件的激光增材制造方法,其特征在于,该方法采用逐层制造的随形缸作为成型缸,即在制造每一金属零件层前,先制备一层闭合的薄壁墙,闭合薄壁墙形成的空腔作为随形腔,该随形腔的高度与待制造的金属零件层相同,且形状与金属零件层的形状相适应,用于为待加工零件每层的铺粉提供平面基准和腔体;利用逐层制造的随形腔,采用扫描振镜进行选择性激光熔化成形,逐层制造金属零件层,各层随形腔最终层叠形成随形缸,各金属零件层累加形成金属零件。

2. 根据权利要求1所述的激光增材制造方法,其特征在于,所述薄壁墙与金属零件层外轮廓之间的距离为0.1mm~200mm。

3. 根据权利要求1所述的激光增材制造方法,其特征在于,所述薄壁墙与金属零件层外轮廓之间的距离为1mm~50mm。

4. 根据权利要求1所述的激光增材制造方法,其特征在于,所述薄壁墙的厚度为0.1mm~50mm。

5. 根据权利要求1所述的激光增材制造方法,其特征在于,所述薄壁墙的厚度为1mm~10mm。

6. 根据权利要求1所述的激光增材制造方法,其特征在于,所述每层随形腔为一个或多个;随形腔层叠成为随形缸。

7. 根据权利要求1至4中任一所述的激光增材制造方法,其特征在于,所述薄壁墙采用自动送粉方式的激光熔化沉积方法逐层制造,或者采用堆焊方法逐层制造;或者由高度等于单层铺粉厚度的板带材料围成。

8. 根据权利要求1至4中任一所述的激光增材制造方法,其特征在于,该方法的具体实现步骤为:

第1步对待加工零件的三维CAD模型进行改造,增加包围待加工零件的闭合薄壁墙;

第2步将添加了薄壁墙的三维CAD模型当成新的零件,按照需要的精度采用计算机软件对其进行分层切片,得到待加工零件的激光平面扫描轮廓信息和薄壁墙轮廓的平面扫描信息;

第3步制备一层薄壁墙;

第5步在薄壁墙所围成的空腔区域即随形腔内铺粉;

第6步对随形腔内的粉末采用振镜进行选择性激光熔化成形,制备一层金属零件层;

第7步沿振镜垂直方向移动一个层厚高度;

第8步重复进行第3步至第7步,直至零件完成全部成形过程;

第9步去除薄壁墙,即得到所需要的金属零件。

9. 一种金属零件的激光增材制造装备,其特征在于,该装备包括振镜激光熔化成形装置和薄壁墙制备装置;

所述振镜激光熔化成形装置为不带成型缸的选择性激光熔化成形装置;所述薄壁墙制备装置安装在选择性激光熔化成形装置的气氛腔内,用于逐层完成薄壁墙的制造,形成随形腔,所述激光熔化成形装置用于完成在所述随形腔内铺金属粉末及对该金属粉末进行选择性激光熔化成形。

10. 根据权利要求9所述的金属零件的激光增材制造装备,其特征在于,所述激光熔化成形装置包括储粉斗、气氛室、三维移动部件、工作台面、扫描振镜聚焦系统、第一导光系

统、自动铺粉器和激光器；

储粉斗置于气氛室内或室外，工作台面位于气氛室底部，用于放置作为薄壁墙和零件承载体的基板；

扫描振镜聚焦系统和自动铺粉器通过安装板安装在三维移动部件上，自动铺粉器的入粉口通过粉管或者自由落下的方式从储粉斗获得粉末，自动铺粉器用于向随形腔内送粉，刮板并将随形腔内粉末铺平；工作时，激光器通过第一导光系统与扫描振镜聚焦系统的入光口相连；激光器出射的激光束经扫描振镜聚焦系统汇聚在随形腔内的粉末上，并按照零件形状对粉末进行选择性的激光熔化成形。

11. 根据权利要求10所述的金属零件的激光增材制造装备，其特征在于，所述薄壁墙制备装置包括激光器、光学聚焦系统、第二导光系统、送粉喷嘴和三维移动部件；

光学聚焦系统和送粉喷嘴均通过安装板安装在三维移动部件上，送粉喷嘴与光学聚焦系统同轴，送粉喷嘴通过粉管与储粉斗相连；工作时送粉喷嘴的喷出粉末的汇聚点与光学聚焦系统的焦点位于基板表面同一位置；激光器出射的激光束经光学聚焦系统后汇聚在送粉喷嘴同轴喷出的粉末汇聚点上，在基板表面形成熔覆层，当送粉喷嘴与光学聚焦系统随水平轴按预定的轨迹运动时，在基板上形成所需形状的薄壁墙，该薄壁墙所围成的区域即随形腔；

所述薄壁墙制备装置与所述激光熔化成形装置共用一台激光器和/或三维移动部件，或者各自分开配备一台激光器和/或三维移动部件。

12. 根据权利要求10或8所述的金属零件的激光增材制造装备，其特征在于，所述薄壁墙制备装置为焊接设备，或者配有板带材料的多关节机器人，或者配有板带材料且安装在三维移动部件上的自动落料机构。

13. 根据权利要求7至9中任一所述的金属零件的激光增材制造装备，其特征在于，所述三维移动部件是机床或者多关节机器人。

一种金属零件的激光增材制造方法和装备

技术领域

[0001] 本发明属于激光增材制造技术领域,具体涉及一种高精度金属零件的增材制造方法和装备,尤其适用于大尺寸甚至超大尺寸的复杂金属零件的制造。

背景技术

[0002] 近几年来,基于“离散一堆积”和“添加成形”的激光增材制造技术已经可以从CAD模型和金属粉末直接制造密度近乎100%的金属零件。常用金属材料如工具钢、不锈钢、镍合金、铜合金、钛合金和钨合金等都已经试制成功,制造的金属零件正在逐步走向实际工业应用。

[0003] 目前,采用激光增材制造技术直接制造100%密度金属零件的方法归纳起来有两种:一种是基于自动送粉工艺的激光熔化沉积技术(Laser Melting Deposition,以下简称LMD技术),另一种是基于预置铺粉工艺的选区激光熔化技术(Selective Laser Melting,也称选择性激光熔化技术,以下简称SLM技术)。

[0004] 由于粉末供给方式不同,LMD与SLM两者的技术路线和装备都有明显差异。LMD采用的是自动送粉,即在加工成形过程中,金属粉末是从储粉斗通过喷嘴同步喷射到熔池中,一次性完成粉末的送入、熔化、凝固成形,因此也称为一步法。

[0005] 由于合金粉末是从喷嘴中动态喷出的,因此LMD技术中的激光光斑不能够太小,否则大部分金属粉末将不能够被激光捕捉;而且由于激光与工件的相对运动是采用机床来实现的,机床的加速度和速度都较小,成形制造精密构件时沉积效率将会很低。因此,LMD工艺一般采用较大的光斑直径,所制造的零件形状相对比较简单,成形线宽较宽,空间分辨率较低,成形件精度较差,一般在毫米量级。所以,LMD技术成形零件后续机加工较大。然而,LMD技术的显著优势之一是,成形装备可以借用发展十分成熟的通用机床,制造大尺寸零部件所用的装备制造难度系数不高。因此,LMD技术可以制备大尺寸的零件,其投影面积尺寸可达到数平方米。

[0006] 而SLM技术则采用预置铺粉的方式,即预先在成型缸中铺设一层一定厚度的金属粉末床,然后采用激光束对合金粉末层实现选择性熔化。这种粉末先预置、然后熔化成形的工艺又称为两步法。

[0007] SLM成形工艺中,由于合金粉末处于静止状态,因此采用很小的激光光斑也能够有效捕捉住合金粉末,实现高精度成形。而且,由于采用扫描振镜实现激光与工件的相对运动,扫描振镜的基本特性使得激光束的扫描速度、跳转速度和加速度比LMD采用机床时的对应参数大得多。因此,与LMD相比,SLM技术的最小成形线宽小得多,成形件的空间分辨率、成形精度和表面光洁度高得多。而且,由于是采用铺粉工艺,粉床可以作为悬挂结构的支撑。上述种种原因使得SLM技术特别适合具有精细复杂结构的金属零件的净成形。

[0008] 下面结合图1具体说明其工作过程。

[0009] 现有技术中,SLM技术制造金属零件1通常是在成型缸2内完成,如图1所示,具体过程说明如下。

[0010] 首先,按照待加工金属零件1所需要的精度,采用SLM设备中专门设计的软件对待加工金属零件1的三维CAD模型按照一定厚度进行分层切片,获得金属零件1的每层平面轮廓扫描信息。为保护金属在加工过程中不被氧化,成型缸2和储粉斗(或者储粉缸)3均需要采用气体保护,一般地将成型缸2置于气氛室4中,气氛室4中可以充入各种保护气氛,如氩气、氮气等。有的设备还会在成型缸2周围布置加热保温装置,使其具有预热缓冷功能。在制造金属零件1过程中,储粉斗3中的金属粉末5被送往成型缸2,自动铺粉器7以成型缸2的上表面台面6作为基准面将粉末铺平。铺粉时成型缸2的整个区域都需要铺满金属粉末5(如图1所示的铺粉后成型缸俯视图)。由于传统SLM设备成型缸2的大小是固定的,因此在制作金属零件过程中,整个零件高度内,成型缸2内将铺满金属粉末;计算机系统按照所需加工零件给定的图形信息驱动扫描振镜,使得激光束在粉床表面实现选择性扫描、熔化金属粉末,熔融粉末快速冷凝后就形成金属零件1的一层;然后成型缸2的活塞下降一个单层厚度的高度,重复铺粉-激光选择性扫描-熔化成形过程;通过上述过程熔化粉末层的层层叠加,即获得了金属零件1。储粉斗3可以置于成型缸2的侧上方(此时一般称为储粉斗),也可以平行放置在成型缸2的侧面(此时一般称为储粉缸)。储粉斗可以置于气氛室4,也可以置于气氛室4外;但是储粉缸必须置于气氛室4中。

[0011] 与LMD技术相比,SLM技术成形的工艺特点为:金属零件具有高精度、高机械性能、高表面光洁度,并且能成形复杂结构和形状的金属零件。其主要局限性在于,所能够成形的零件大小受制于成型缸的尺寸和扫描振镜扫场范围。因此,现有的SLM技术一般用于制造中小型零件。如果的确需要采用SLM技术制造大尺寸零件,则必须采用大尺寸成型缸,大尺寸成型缸承载的大量粉末给机床带来很重的负荷,使得SLM成形设备中的活塞、丝杆等机械部件承载的负荷大,设备的制造成本与难度系数大幅度增加。

[0012] 综上所述,LMD技术一般用来制造形状相对简单、尺寸精度要求较低的大尺寸金属零件;而SLM技术则用来制造形状复杂、尺寸精度要求较高的金属零件,但是目前无法制造大尺寸金属零件。采用大尺寸成型缸的SLM方法制造大型金属零件,会给SLM设备的制造带来很多技术难题,例如必须有超量合金粉末填满整个成型缸,才能完成零件制造,这将使得机床变得超重,机械设备复杂程度大幅度和设备制造成本大幅度增加。因此,人们一直在寻找大尺寸复杂金属零件的高精度增材制造方法和装置。

发明内容

[0013] 本发明提供了一种全新的金属零件激光增材制造方法和装备,其目的在于实现大尺寸甚至超大尺寸复杂金属零件的高精度制造。

[0014] 本发明提供的一种金属零件的激光增材制造方法,其特征在于,该方法采用逐层制造的随形缸作为成型缸,即在制造每一金属零件层前,先制备一层闭合的薄壁墙,闭合薄壁墙形成的空腔作为随形腔,该随形腔的高度与待制造的金属零件层相同,且形状与金属零件层的形状相适应,用于为待加工零件每层的铺粉提供平面基准和腔体;利用逐层制造的随形腔,采用扫描振镜进行选择性激光熔化成形,逐层制造金属零件层,各层随形腔最终层叠形成随形缸,各金属零件层累加形成金属零件。

[0015] 本发明提供的一种金属零件的激光增材制造装备,其特征在于,该装备包括振镜激光熔化成形装置和薄壁墙制备装置;

[0016] 所述振镜激光熔化成形装置类似于不带成型缸的选择性激光熔化成形装置；所述薄壁墙制备装置安装在选择性激光熔化成形装置的气氛腔内，用于逐层完成薄壁墙的制造，形成随形腔，所述振镜激光熔化成形装置用于完成在所述随形腔内铺金属粉末及对该金属粉末进行选择激光熔化成形。

[0017] 作为上述激光增材制造装备的一种优选实现方式，所述振镜激光熔化成形装置包括储粉斗、气氛室、三维移动部件、工作台面、扫描振镜聚焦系统、第一导光系统、自动铺粉器和激光器；储粉斗置于气氛室内或室外，工作台面位于气氛室底部，用于放置作为薄壁墙和零件承载体的基板；

[0018] 扫描振镜聚焦系统和自动铺粉器通过安装板安装在三维移动部件上，自动铺粉器的入粉口通过粉管或者自由落下的方式从储粉斗获得粉末，自动铺粉器用于向随形腔内送粉，刮板并将随形腔内粉末铺平；激光器通过第一导光系统与扫描振镜聚焦系统的入光口相连；工作时，激光器出射的激光束经扫描振镜聚焦系统汇聚在随形腔内的粉末床表面，并按照零件形状对粉末进行选择激光熔化成形。

[0019] 作为上述激光增材制造装备的另一种优选实现方式，所述薄壁墙制备装置包括激光器、光学聚焦系统、第二导光系统、同轴送粉喷嘴和三维移动部件；光学聚焦系统和同轴送粉喷嘴均通过安装板安装在三维移动部件上，同轴送粉喷嘴与光学聚焦系统同轴，并嘴通过粉管与储粉斗的出粉口相连；工作时储粉斗中的合金粉末在负压带动下沿着粉管输入到同轴送粉喷嘴后，喷出粉末的汇聚点与光学聚焦系统的焦点位于粉床表面同一位置；激光器出射的激光束经光学聚焦系统后汇聚在送粉喷嘴同轴喷出的粉末汇聚点上，在基板表面形成熔覆层。当同轴送粉喷嘴与光学聚焦系统随水平轴按预定的轨迹运动时，在基板上形成所需形状的薄壁墙，该薄壁墙所围成的区域即随形腔；所述薄壁墙制备装置与所述振镜激光熔化成形装置共用一台激光器和/或三维移动部件，或者各自分开配备。

[0020] 所述薄壁墙制备装置也可以采用焊接设备，或者配有板带材料的多关节机器人，或者配有板带材料且安装在三维移动部件上的自动落料机构。

[0021] 本发明的基本思想是：待加工零件的制造依然基于现有的SLM技术类似方法，即采用预置铺粉和高速振镜扫描方式，每一层预置一定厚度的粉末，扫描振镜带动激光束选择性扫描、加热、熔合金粉末，完成该层的成形。通过层层叠加，最终形成高精度的三维实体。与现有SLM技术所不同的是，本发明不再采用SLM技术中固定尺寸的成型缸，而是随着零件每层切片的形状和尺寸不同，成型缸的形状和尺寸也适当调整变化，我们称之为“随形缸”。从三维空间来看，围成该“随形缸”的是薄壁墙。根据零件每层切片的形状和尺寸，薄壁墙形成的空腔区域我们称之为“随形腔”，“随形腔”的作用是为待加工零件每层的铺粉提供平面基准和腔体，使得合金粉末能够按照所设计的厚度均匀地铺放在成形构件的表面。每一层中，“随形腔”的个数可以是一个，也可以是多个；他们的形状与其所包围的金属零件层的外轮廓基本一致，薄壁墙离待加工零件外围轮廓有一定距离。“随形腔”层叠即形成“随形缸”。

[0022] 因此，本发明既保留了激光选区熔化成形(SLM)金属增材制造技术的优点，即采用预置铺粉和高速振镜扫描，满足复杂金属零件高精度成形的要求；又由于采用了“随形缸”，突破常规SLM设备固定尺寸成型缸的限制，实现大尺寸零件的高精度制造。所以，本发明不仅可使得制造高精度大尺寸零件成为可能，而且与现有基于固定成型缸结构的大尺寸零件

SLM成形技术相比,装置复杂程度大幅度降低,需要的备用金属粉末量也大幅度降低,从而为大尺寸复杂金属零件的高精度、短流程制造提供了一种全新的激光增材制造技术。本发明提出的技术路线主要包括循环执行的三个步骤:1)先根据零件层尺寸的大小制造随形腔;2)铺粉;3)高速扫描振镜选择性激光熔化成形。因此,又称为三步法。

[0023] 与LMD、SLM工艺相似,本发明提出的三步法增材制造技术也是在封闭的气氛室中完成的,因此可以通过调控气氛室内的气氛,防止金属材料发生氧化。

[0024] 与现有的金属零件激光增材制造技术LMD(一步法)和SLM(二步法)技术相比,本发明提出的新型激光增材制造技术(三步法)具有如下优势:第一,可以制造大尺寸、高精度、复杂金属零件:现有的LMD技术可以成形大尺寸构件,但是加工精度低,后续加工量大,无法成形复杂、高精度零件;而SLM技术成形精度高,但是加工零件的尺寸受到成型缸的限制,成形大尺寸零件需要大成型缸,大成型缸不仅需要备用粉末多,而且存在负荷重、零件难以取出等诸多技术难题。本发明则使得大尺寸复杂金属零件的高精度激光增材制造成为可能,并且装备相对简单:通过保留SLM技术中预置铺粉和振镜扫描的方法成形待加工金属零件,采用随形缸技术避免需要大量金属粉末,使得大尺寸甚至超大尺寸复杂零件的高精度激光增材制造成为可能;

[0025] 第二,可以大幅度降低成形设备的制造成本:本发明提出的技术路线,采用传统的多轴机床或者多关节机器人与SLM熔化成形方法相结合,设备构成相对简单,使得大尺寸复杂零件的高精度成形装备大幅度简化,设备制造的难度系数与成本大幅度降低;

[0026] 第三,可以大幅度节约备用金属粉末:随形缸是由随形腔层叠而成,而随形腔的尺寸大小是根据实际零件的形状、轮廓和尺寸大小逐层变化,可以紧贴待加工零件,对于有的零件甚至可以按照零件的特点进行分区设计多个随形腔。因此所需要填入随形缸体中的金属粉末比传统SLM设备固定“成型缸”时要少得多,从而解决了粉末大量“闲置”的难题,减少备用金属粉末,降低投资力度;

[0027] 第四,基板概念可以从传统的平板向异形板扩展:基板有时是可以作为零件的一部分的,在基板上采用本发明提供的技术成形完成其余部分零件制作。在传统SLM技术中,第一层铺粉厚度是由固定成型缸的上表面和基板之间的高度差决定的,因此为了保证均匀的铺粉厚度,必须采用表面是水平的基板,这在制备有的零件比如底部存在大面积实体结构但表面不水平的零件时会很浪费时间和金钱。采用本发明,由于采用随形腔结构,可以使基板的概念和形状围大幅度扩大,使得选区激光熔化工艺能够象LMD工艺那样,适用于非平面基板。比如,对于上述的情况,就可以使用表面为非平面的基体作为基板,这种底部实体就可以成为基板的一部分,这样不但可以省却这部分实体的成形时间,还可以采用不规则形状基板。可见,采用本发明提出的随形缸,可以使在复杂形状或者大尺寸基板上局部成形精密构件成为可能,这是传统的SLM技术或者LMD技术所无法达到的;

[0028] 第五,可以将LMD技术与SLM技术组合使用:对于零件一些精度要求不高的部分,也可以直接采用LMD技术直接成形毛坯,结合机械加工完成部件的精密成形,提高成形效率;然后在此基础上,再利用SLM技术进一步制造复杂精密结构;

[0029] 第六,本发明可以采用多台振镜协同工作,提高成型效率:如果所成形的金属零件的尺寸足够大,单台振镜工作效率低,则由于金属粉末处于静止状态,还可以配置多台激光器、多台扫描振镜进行扫描成形加工,从而大幅度提高成形效率。

[0030] 综上所述,本发明通过即时制备随形缸,克服了传统的SLM固定成型缸的需要粉末多、负荷重以及设备制造工艺复杂等技术难题,既使得制造大尺寸复杂零件具有高精度的特点,又大大简化了装备的复杂程度,使得从CAD模型和金属粉末直接制造100%密度的大尺寸高精度金属零件成为可能,具有广泛的工业应用前景。

附图说明

- [0031] 图1是常规SLM技术制造金属零件的示意图;
- [0032] 图2是本发明实例提供的制造金属零件的方法流程图;
- [0033] 图3是本发明实例所制造的金属零件示意图;
- [0034] 图4是本发明提供的装备的一种具体实现方式的结构示意图;
- [0035] 图5是图4的细节放大图;
- [0036] 图6是本发明提供的装备的另一种具体实现方式的结构示意图;
- [0037] 图7是图6的细节放大图;
- [0038] 图8是薄壁墙制备装置采用的焊接设备示意图;
- [0039] 图9是薄壁墙制备装置采用的多关节机器人的示意图。

具体实施方式

[0040] 预置铺粉与振镜扫描相结合,是SLM成形技术能实现高精度、复杂结构制造的主要原因。但是,现有的SLM技术都采用固定大小的成型缸,使得制备的金属零件尺寸受限。因此,如果在待加工零件的三维CAD模型中添加闭合的、一定厚度的(其厚度可以根据待加工零件的大小和材料确定)、能将待加工零件包围的薄壁墙,则该薄壁型腔就可以充当现有SLM设备中固定成型缸的作用。换句话说,闭合薄壁墙实质作用就是常规SLM成形过程中的成型缸,只是其形状和尺寸不再是固定不变的,而是根据所待加工金属零件的形状和尺寸变化,以与待加工金属零件同步成形、并能够包围待加工金属零件外轮廓的薄壁墙体。薄壁墙每层的上表面作为铺粉的平面基准,其高度增量等于拟铺粉的单层粉末厚度,我们将这种薄壁墙形成的腔体称之为“随形腔”,层层叠加的“随形腔”组合即为“随形缸”。可见,与采用固定成型腔的SLM技术不同,本发明中的随形缸是随着零件的生长而同步生长的,其形状和尺寸是随零件形状和尺寸的变化而变化的。

[0041] 随形缸实际上只是辅助成形的结构。在整个零件成形完成后,需要去除形成随形缸的薄壁墙,以得到所待加工的零件。本发明尤其适合于大尺寸及超大尺寸的复杂金属零件的高精度制造。具体实施时可根据要求选择,对于大尺寸和超大尺寸没有严格的尺寸限定,只是通常而言,大尺寸是指水平方向的成形长度为500mm~2000mm,超大尺寸是指水平方向的成形长度为2000mm~10000mm的零部件。

[0042] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步说明。在此需要说明的是,对于这些实施方式的说明用于帮助理解本发明,但并不构成对本发明的限定。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征,只要彼此之间未构成冲突,就可以相互组合。

[0043] 如图2所示,本发明实例所提供的方法包括下述步骤:

[0044] (1)对待加工零件的三维CAD模型进行改造,增加包围待加工零件的闭合薄壁墙。

每一层薄壁墙都是一个闭合的环,环可以是圆形,方形或所需的任意形状,与待加工零件外轮廓一样或者部分一样,这些闭合的环形成的空腔区域我们称之为“随形腔”。

[0045] 薄壁墙所形成的随形腔可以封闭或非封闭的所需的任意形状,非封闭是指上和/或下边开口。

[0046] 该薄壁墙层叠的集合体最终形成“随形缸”,每层薄壁墙形成“随形腔”,每层“随形腔”形状可以一样,也可以不一样,与待加工零件形状相关,即形状与金属零件层的形状相适应。该随形缸可以是将整个零件全部包含进去的一个型腔体,如其形状与金属零件层的外轮廓相同;也可以是根据待加工零件形状,将其分割成数个区域,将这些分割区域分别包含进去的数个型腔体之和。显然,随形缸尺寸不像传统SLM的成型腔那样固定不变,而是可以根据零件尺寸和形状的变化而变化。

[0047] (2)将添加了薄壁墙的三维CAD模型当成新的零件,按照需要的精度采用计算机软件对其按照一定厚度进行分层切片,得到待加工零件的激光平面扫描轮廓信息和薄壁墙轮廓的平面扫描信息,并按照扫描聚焦系统的扫场范围将待加工零件的每层平面扫描轮廓信息进行分区;

[0048] (3)即时制备薄壁墙,形成“随形腔”:

[0049] 与固定成型腔的结构不同,本发明中的随形缸是由随着零件的生长而同步生长的薄壁墙形成的空腔即“随形腔”层叠而成。在制造闭合薄壁墙时,可以采用LMD工艺以及焊接等方法实时制备,也可以事先切割厚度与设定切片厚度一致的板材或者带材,并将其围成随形腔尺寸大小,固定在前一层的“薄壁墙”表面上,形成新的一层。薄壁墙围成的空腔构成“随形腔”。

[0050] (4)在“随形腔”内铺粉:储粉斗里的金属粉末被自动铺粉器送到随形腔内,自动铺粉器的刮板以薄壁墙的上表面为基准,将随形腔内金属粉末刮平整均匀,要求粉末充满整个随形腔;

[0051] 如果薄壁墙的新增高度和表面平整度不符合后续铺粉的要求,还要对薄壁墙采用深度尺等进行深度测量和铣削、磨削等方法对其新增表面修整,使其新增高度和上表面的平整度和光洁度符合铺粉要求。

[0052] (5)对随形腔内的粉末进行选择扫描,使被激光辐照的金属粉末熔化成形,制备一层待加工的金属零件层:按照零件的分层扫描轮廓信息,启动扫描振镜聚焦系统,完成对随形腔内金属粉末层的选择性激光熔化扫描加工,从而使金属粉末熔化成形一层;如果该层尺寸大于扫描振镜的扫场范围,则采用三维移动部件带动扫描振镜聚焦系统在XY平面内移动,通过分区或者飞行扫描方式完成零件该层的扫描,从而完成一层的制造。

[0053] (6)振镜沿垂直方向移动一个层厚高度:在选择性激光熔化成形完毕后,振镜和自动铺粉器在三维移动部件的带动下沿垂直方向向下或向上移动一个单层层厚的高度。

[0054] (7)重复进行步骤(3)-(7),直至零件完成全部成形过程:

[0055] 根据零件的三维图形数据,重复步骤(3)-(7),直至薄壁墙层叠形成随形缸,零件也完成全部成形过程。

[0056] (8)去除薄壁墙,即得到所需要的金属零件。

[0057] 与图1所示的常规SLM技术制造金属零件不同,采用图2所示流程,成形完成后的零件示意图如图3所示,成形后的零件由金属零件1和薄壁墙8组成。薄壁墙8是与待加工金属

零件同步制备的,即每制备一层金属零件,必先制备一层闭合的薄壁墙。薄壁墙8最终层叠形成随形缸9,每层薄壁墙闭合形成“随形腔”10,根据零件形状,随形腔10可以是一个也可以是多。整个零件和薄壁墙制备完成后,还要将薄壁墙8去除,具体实施方法如图2所示。

[0058] 薄壁墙8的扫描轮廓是采用计算机控制软件在金属零件1的CAD模型的边沿一定距离处添加一定厚度的闭合外沿形成的,厚度可以在0.1mm~50mm(优选值是1~10mm)之间,薄壁墙距待加工零件的距离在0.1mm~300mm(优选值是1~50mm)之间,薄壁墙的厚度和距待加工零件外轮廓的距离由待加工零件的材料、形状和尺寸具体决定;然后将薄壁墙8和金属零件1看成一个整体零件,根据金属零件的精度要求采用计算机控制软件按照一定厚度对改造后的三维CAD模型进行分层切片,获得薄壁墙8和金属零件1的每层平面扫描轮廓信息;其中,薄壁墙8可以是采用LMD工艺或者焊接工艺与待加工金属零件1同步成形的;也可以是将事先按照单层切片厚度切割好的薄钢片、薄钢带甚至塑料带、纸带等非金属材料加工成薄壁墙形状尺寸大小,然后采用多关节机器人或者自动抖落机构将其逐层落下并固定在前一层薄壁墙的上表面,以形成薄壁墙新的一层。这一过程与待加工金属零件1同步成形。每层成形都是先成形薄壁墙8(即形成随形腔10,随形腔10层叠形成随形缸9),以薄壁墙8的上表面为基准,在随形腔10内铺满金属粉末5,再采用扫描振镜驱动激光选择性熔化金属粉末(即SLM工艺),成形金属零件1的一层,如果该层的尺寸大于扫描振镜的扫场范围,则采用三维移动部件在XY平面内移动扫描振镜聚焦系统,采用飞行扫描或者分区扫描的方式完成整个该层的制造。在控制系统控制下,顺序进行薄壁墙8和金属零件1的下一层成形。如此重复、逐层叠加,完成整个零件的制造。去除薄壁墙8后,即可获得金属零件1。

[0059] 可见,本发明的待加工零件1的制备都是采用扫描振镜和预置铺粉的方式完成的,即与传统的SLM技术一样,因此,本发明既具备了SLM技术的高精度特点,又因为采用随形缸技术,可以很方便地实现大尺寸零件的高精度制造。

[0060] 本发明装备包括激光熔化成形装置和薄壁墙制备装置;所述振镜激光熔化成形装置为不带成型缸的激光选区熔化成形装置,它可以是任意一种实现选区激光熔化成形功能的装置,用于实现待加工金属零件的激光熔化成形,得到所需成形的金属零件。薄壁墙制备装置安装在激光选区熔化成形装置的气氛腔内,用于逐层完成薄壁墙的制造,形成随形腔,所述激光熔化成形装置用于完成所述随形腔内铺金属粉末及对该金属粉末进行选择性激光熔化成形。

[0061] 下面列举几种实现上述方法的设备:

[0062] 所述振镜激光熔化成形装置包括储粉斗、气氛室、三维移动部件、工作台面、扫描振镜聚焦系统、导光系统、自动铺粉器和激光器。其中,三维移动部件可以是多轴机床或者多关节机器人。

[0063] 所述薄壁墙制备装置可以是基于LMD原理,即采用自动送粉的激光增材制造装置逐层制备薄壁墙;也可以是基于焊接原理,采用堆焊装置逐层制备薄壁墙;还可以是基于机加工原理,采用多关节机器人或者自动落料机构将事先剪切好的板带(钢板、钢带、塑料带、纸带等)逐层铺设薄壁墙。

[0064] 如图4、图5所示,三维移动部件采用的是机床主轴式结构,包括机床台架11和机床主轴12。

[0065] 储粉斗3、气氛室4、三维移动部件、工作台面13、扫描振镜聚焦系统15、导光系统

19、自动铺粉器17和激光器18构成所述振镜激光熔化成形装置。

[0066] 储粉斗3置于气氛室4上方,工作台面13位于气氛室4底部,用于放置作为薄壁墙和零件的承载体的基板。

[0067] 扫描振镜聚焦系统15、自动铺粉器17、光学聚焦系统22和送粉喷嘴25均通过安装板14安装在机床主轴12上,机床主轴12可以在X轴、Y轴和Z轴三个方向运动。

[0068] 自动铺粉器的入粉口通过粉管或者自由落下的方式从储粉斗获得粉末,自动铺粉器用于向随形腔内送粉,并将随形腔内粉末铺平。本实例中,自动铺粉器17包含粉斗以及刮板16。刮板16的下表面平整,并且不得低于光学聚焦系统22和送粉喷嘴25的下表面平面。粉斗的入粉口通过粉管或者自由落下的方式从储粉斗获得粉末,并向随形腔内送粉,粉斗的出粉口开口宽度可以根据随形腔大小由计算机控制系统调节。刮板16将随形腔内粉末铺平。

[0069] 所述激光器18、光学聚焦系统22、导光系统23、粉管24、同轴送粉喷嘴25和所述三维移动部件构成所述薄壁墙制备装置。

[0070] 送粉喷嘴25与光学聚焦系统22同轴,且同轴送粉喷嘴的喷出粉末的汇聚点与光学聚焦系统22的焦点位于基板表面同一位置;同轴送粉喷嘴25的入粉口通过粉管24与储粉斗3相连,粉末经过同轴送粉喷嘴25的喷嘴喷出。激光器18出射的激光束经光学聚焦系统22后汇聚在同轴送粉喷嘴25同轴喷出的粉末汇聚点上,在基板表面形成熔覆层,当同轴送粉喷嘴25与光学聚焦系统22随水平轴按预定的轨迹运动时,在基板上形成所需形状的薄壁墙,该薄壁墙所围成的区域即随形腔。

[0071] 自动铺粉器17的入粉口通过粉管或者自由落下等方式获得储粉斗3的粉末5,用于向随形腔内送粉;自动铺粉器17的刮板16将随形腔内粉末铺平。激光器18的另一路光通过导光系统19与扫描振镜聚焦系统15的入光口相连;激光器18出射的激光束经扫描振镜聚焦系统15汇聚在随形腔内的粉末上,并按照零件形状对粉末进行激光选区熔化成形,当所成形的面积大于扫描振镜聚焦系统15的扫描范围时,扫描振镜聚焦系统15在机床主轴12带动下移动,完成对整个随形腔进行激光选区熔化成形,得到所需形状的金属零件层。

[0072] 在完成一层金属零件层制备后,送粉喷嘴25、光学聚焦系统22、自动铺粉器17和扫描振镜聚焦系统15在机床主轴12带动下在Z轴方向移动一个层厚,再进行下一金属零件层的制备。激光熔化成形装置和薄壁墙制备装置交替工作,完成整个金属零件制备成形。

[0073] 如图6、7所示,三维移动部件采用两个多关节机器人34,多关节机器人34安装固定在气氛室4底部,并在工作台面13之外。扫描振镜聚焦系统15、自动铺粉器17、光学聚焦系统22、送粉喷嘴25五个部件可以通过安装板分别任意安装在两个多关节机器人上。图6、图7为其中一种方式,扫描振镜聚焦系统15通过一块安装板14安装在一个多关节机器人34上,光学聚焦系统22和同轴送粉喷嘴25以及自动铺粉器17通过另一安装板14安装在另一个多关节机器人34上,二个多关节机器人34均可以在X轴、Y轴和Z轴三个方向运动。其它结构与图4所示结构相同。

[0074] 如图8所示,薄壁墙制备装置可采用焊接装备,它包括焊枪28和焊机29。焊枪28同样是通过安装板安装在机床主轴或多关节机器人或者其它三维移动部件上,焊接材料可以是粉末,也可以是焊丝。

[0075] 如图9所示,薄壁墙制备装置采用多关节机器人或者安装在三维移动部件上的自

动落料机构31,该三维移动部件可以与激光熔化成形装置共用或者单独配置。每制作薄壁墙8的一层时,多关节机器人或者可以自动落料机构31就按照计算机指令将板带材料30安放合适的空间位置上,并与前一层的上表面固定好,即完成该层薄壁墙的制作。板带材料30可以是厚度等于单层铺粉厚度的板带,如钢板、钢带、塑料带、纸带等,其形状与随形腔的形状相同。

[0076] 所述振镜激光熔化成形装置如激光选区熔化成形装置一样,通常还包括计算机控制系统20和气氛控制系统21,计算机控制系统20用于控制三维移动部件、激光器18、扫描振镜聚焦系统15和自动铺粉器17的工作,气氛控制系统21用于控制气氛室4的气氛,如抽真空和除尘等。计算机控制系统20还可以用于控制薄壁墙制备装置的工作。

[0077] 在薄壁墙制备装置采用自动送粉的激光增材制造装置时,它可以也激光熔化成形装置共用一台激光器18,在激光器18上设置光束自动转换装置26,或者扫描振镜聚焦系统15和光学聚焦系统22之间设置光束切换系统27。光束自动转换装置26或光束切换系统27由计算机控制系统20控制,以实现激光在扫描振镜聚焦系统15和发射聚焦系统22之间的切换。上述技术方案也可以各自设置单独的激光器。

[0078] 本发明中,储粉斗3既可以置于气氛室内4内,也可以置于气氛室内4外。安装板14也可以根据需要配置一套或者多套。自动铺粉器17可以采用其它结构形式,如刮板16也可以用滚筒替换。

[0079] 同轴送粉喷嘴25和焊接设备所需的合金粉末既可以来自于储粉斗3,也可以来自于单独设置的自动送粉器,它所使用的粉末可以与待加工金属零件一样的粉末,也可以不一样。

[0080] 导光系统19和23均可以是光纤,或者由反射镜等光学器件组成的导光光路。

[0081] 扫描振镜聚焦系统15也可以采用飞行扫描方式(即加工头一边移动,振镜一边扫描),也可以采用分区扫描方式(即加工头每次移动一个区域,在完成该区扫描后再移动到另一个位置,通过图形拼接实现大尺寸构件的制造)。

[0082] 如果薄壁墙需要测量和修整,还需要配备薄壁墙测量装置32和修整装置33。则它们均应置于气氛室4中,并通过安装板14安装在三维移动部件上,可以在XYZ三个方向移动。薄壁墙测量装置32可以是深度尺等各种测量器件,修整装置33可以如铣刀、磨头等机加工器件。当有两套三维移动部件(如图6所示结构)时,薄壁墙测量装置32和修整装置33可以安装在同一三维移动部件上(对于机床结构而言),也可以分别在不同的三维移动部件上(对于多关节机器人而言)。

[0083] 实例:

[0084] 实例1:

[0085] 实例1至4采用图4所示结构实现。

[0086] (1)对金属零件1的CAD模型进行改造,获得金属零件1和薄壁墙8的分层轮廓信息:在距金属零件轮廓外围1mm处添加一4mm宽的薄壁墙8,薄壁墙8闭合形成“随形缸”9;根据所需要的精度采用计算机对改造的三维CAD模型进行分层切片,分别获得薄壁墙8和金属零件1的每层扫描轮廓信息;

[0087] (2)采用LMD技术制造一层薄壁墙8:激光通过光束转换器27转换到导光系统23,到达光学聚焦系统22,然后在工作面上聚焦成合适的光斑,控制系统控制机床带动激光和光

学聚焦系统沿着薄壁墙8的该层轮廓和路径规划进行扫描,金属粉末5则由储粉斗3经过粉管24,然后被送粉喷嘴25同步送入熔池中,完成薄壁墙8该层的成形,形成薄壁墙8的一层薄壁墙8采用与金属零件1所用的金属粉末一样。薄壁墙形成的空腔即为随形腔10。

[0088] 如果薄壁墙新增层的新增高度和表面粗糙度不符合后续铺粉要求,则需要采用测量装置32如深度尺等以及修整装置33如铣刀、磨头等测量和修整薄壁墙表面,使得薄壁墙新增层的新增高度和表面粗糙度符合后续铺粉要求。

[0089] (3)在随形腔10内填满粉末:控制系统将储粉斗3到达粉管24的通道阻断,将到达自动铺粉器17的通道打开,足量的储粉斗3中的金属粉末5被送入随形腔10内,自动铺粉器17的刮板16以薄壁墙的上表面为基准将粉末刮平。为提高铺粉效率和质量,自动铺粉器17的出粉口开口大小可以根据随形腔的大小和形状由控制系统控制。

[0090] (4)光束转换器27将激光转换到导光系统19上,激光经扫描振镜聚焦系统15并聚焦到工作面上,在控制系统的控制下扫描振镜聚焦系统15的振镜偏转实现该随形腔10内的金属粉末的选择性熔化成形,制造金属零件1的一层。如果金属零件在该层的扫描区域大于振镜扫场范围,则计算机控制系统20控制三维移动部件带动安装板14在XY平面内移动,从而使得扫描振镜系统15移动,采用分区或者飞行扫描方式完成该层的成形加工。

[0091] (5)完成该层的加工后,三维移动部件带动安装板14及其安装在安装板14上的部件向上运动一个层厚的高度,重复进行下一层的薄壁墙和金属零件制造。

[0092] (6)如此往复,逐层叠加,就可完成整个带随形缸的零件制造。

[0093] (7)完成后,通过常规的切割或者其它分离技术去除薄壁墙8,即可获得金属零件1。

[0094] 实例2-4

[0095] 其流程如实例1,工艺参数如下表一所示。

[0096] 实例5:

[0097] 本实例采用焊接的方法制备薄壁墙8,其步骤如下:

[0098] (1)对金属零件的三维CAD模型进行改造,获得金属零件1和薄壁墙8的分层轮廓信息。在计算机控制系统软件中对金属零件1的三维CAD模型进行改造:在距金属零件1边沿轮廓25mm远的地方添加宽度为1mm的闭合的外沿(即薄壁墙8),薄壁墙8可形成随形缸9。该随形缸9根据零件形状,可以是包围整个零件的一个型腔体,也可以是根据零件特征分区的、能形成闭合区域的多个型腔体;按照所制造零件所要求的尺寸精度,采用计算机对改造过的带有薄壁墙的CAD模型进行分层切片,得到金属零件1的激光平面扫描轮廓信息和薄壁墙8的各层平面轮廓信息;

[0099] (2)采用焊接技术制造一层薄壁墙8在控制系统控制下,多关节焊接机器人根据薄壁墙的扫描轮廓和路径规划,在基板上通过焊接成形薄壁墙8的一层,薄壁墙8形成的空腔即随形缸9的一层,也即随形腔10;

[0100] 如果薄壁墙新增层的新增高度和表面粗糙度不符合后续铺粉要求,则需要采用测量装置32如深度尺等以及修整装置33如铣刀、磨头等测量和修整薄壁墙表面,使得薄壁墙新增层的新增高度和表面粗糙度符合后续铺粉要求。

[0101] (3)在随形腔10内填满粉末:控制系统将触发粉斗3到达粉管24的通道阻断,将到达自动铺粉器17的通道打开,足量的储粉斗3中的金属粉末5被送入随形腔10内,刮板16以

薄壁墙的上表面为基准将粉末刮平。为提高铺粉效率和质量,自动铺粉器17的出粉口开口可以根据随形腔的大小开启。

[0102] (4)激光束经导光系统19到达扫描振镜聚焦系统15,并聚焦到工作面上,在控制系统的控制下扫描振镜聚焦系统15的振镜偏转实现该随形腔10内金属粉末的激光选区熔化成形,制造金属零件1的一层。如果金属零件在该层的扫描区域大于振镜扫场范围,则计算机控制系统20控制三维移动部件带动安装板14在XY平面内移动,从而使得扫描振镜系统15移动,采用分区或者飞行扫描方式完成该层的成形加工。

[0103] (5)完成该层的加工后,三维移动部件带动安装板14及其安装在安装板14上的部件向上运动一个层厚的高度,重复进行下一层的薄壁墙和金属零件制造。

[0104] (6)如此往复,逐层叠加,就可完成整个带随形缸的零件制造。

[0105] (7)完成后,通过常规的切割或者其它分离技术去除薄壁墙8,即可获得金属零件1。

[0106] 实例6-8

[0107] 其流程如实例5,工艺参数如下表二所示。

[0108] 实例9

[0109] 本实例采用多关节机器人将实现加工好的板带(钢板、钢带、塑料带、纸带等)安放的方法制备薄壁墙8,其步骤如下:

[0110] (1)对金属零件的三维CAD模型进行改造,获得金属零件1和薄壁墙8的分层轮廓信息。在计算机控制系统软件中对金属零件1的三维CAD模型进行改造:在距金属零件1边沿轮廓50mm远的地方添加宽度为10mm的闭合的外沿(即薄壁墙8),薄壁墙8可形成随形缸9。该随形缸9根据零件形状,可以是包围整个零件的一个型腔体,也可以是根据零件特征分区的、能形成闭合区域的多个型腔体;按照所制造零件所要求的尺寸精度,采用计算机对改造过的带有薄壁墙的CAD模型进行分层切片,得到金属零件1的激光平面扫描轮廓信息和薄壁墙8的各层平面轮廓信息;

[0111] (2)采用焊接技术制造一层薄壁墙8:在计算机控制系统20控制下,多关节机器人31将事先按照薄壁墙的扫描轮廓和单层铺粉厚度的薄钢板30安放合适的空间位置上,并与薄壁墙前一层固定,形成薄壁墙8新的一层,薄壁墙8的新增层形成空腔区域,即随形腔10。

[0112] (3)在随形腔10内填满粉末:控制系统将储粉斗3内的粉末到达自动铺粉器17的通道打开,足量的储粉斗3中的金属粉末5被送入随形腔10内,刮板16以薄壁墙的上表面为基准将粉末刮平。为提高铺粉效率和质量,自动铺粉器17的开口可以根据随形腔的大小开启。

[0113] (4)激光束经导光系统19到达扫描振镜聚焦系统15,并聚焦到工作面上,在控制系统的控制下扫描振镜聚焦系统15的振镜偏转实现该随形腔10内的金属粉末的选择性熔化成形,制造金属零件1的一层。如果金属零件在该层的扫描区域大于振镜扫场范围,则控制系统控制三维移动部件带动安装板14在XY平面内移动,从而使得扫描振镜系统15移动,采用分区或者飞行扫描方式完成该层的成形加工。

[0114] (5)完成该层的加工后,三维移动部件带动安装板14及其安装在安装板14上的部件向上运动一个层厚的高度,重复进行下一层的薄壁墙和金属零件制造。

[0115] (6)如此往复,逐层叠加,就可完成整个带随形缸的零件制造。

[0116] (7)完成后,通过常规的切割或者其它分离技术去除薄壁墙8,即可获得金属零件

1。

[0117] 实例10-12

[0118] 其流程如实例9,工艺参数如下表二所示。

[0119] 以上所述为本发明的较佳实施例而已,但本发明不应该局限于该实施例和附图所公开的内容。所以凡是不脱离本发明所公开的精神下完成的等效或修改,都落入本发明保护的范围。

[0120] 表一

[0121]

序号	零件外轮廓与薄壁墙距离 (mm)	薄壁墙宽度 (mm)	薄壁墙		导光系统 19	导光系统 23
			材料	供给方式		
2	50	10	不锈钢	自带	光纤	反射式
3	25	5	Cu 合金	共用	反射式	反射式
4	10	1	钛合金	自带	反射式	光纤

[0122] 表二

序号	零件外轮廓与薄壁墙距离 (mm)	薄壁墙宽度 (mm)	薄壁墙材料
6	50	10	不锈钢粉末
7	25	5	铜合金焊丝
8	10	1	钛合金焊丝

[0124] 表三

序号	零件外轮廓与薄壁墙距离 (mm)	薄壁墙宽度 (mm)	薄壁墙材料
10	50	10	塑料带/板
11	25	5	纸带/板
12	10	1	钛合金带/板

[0125]

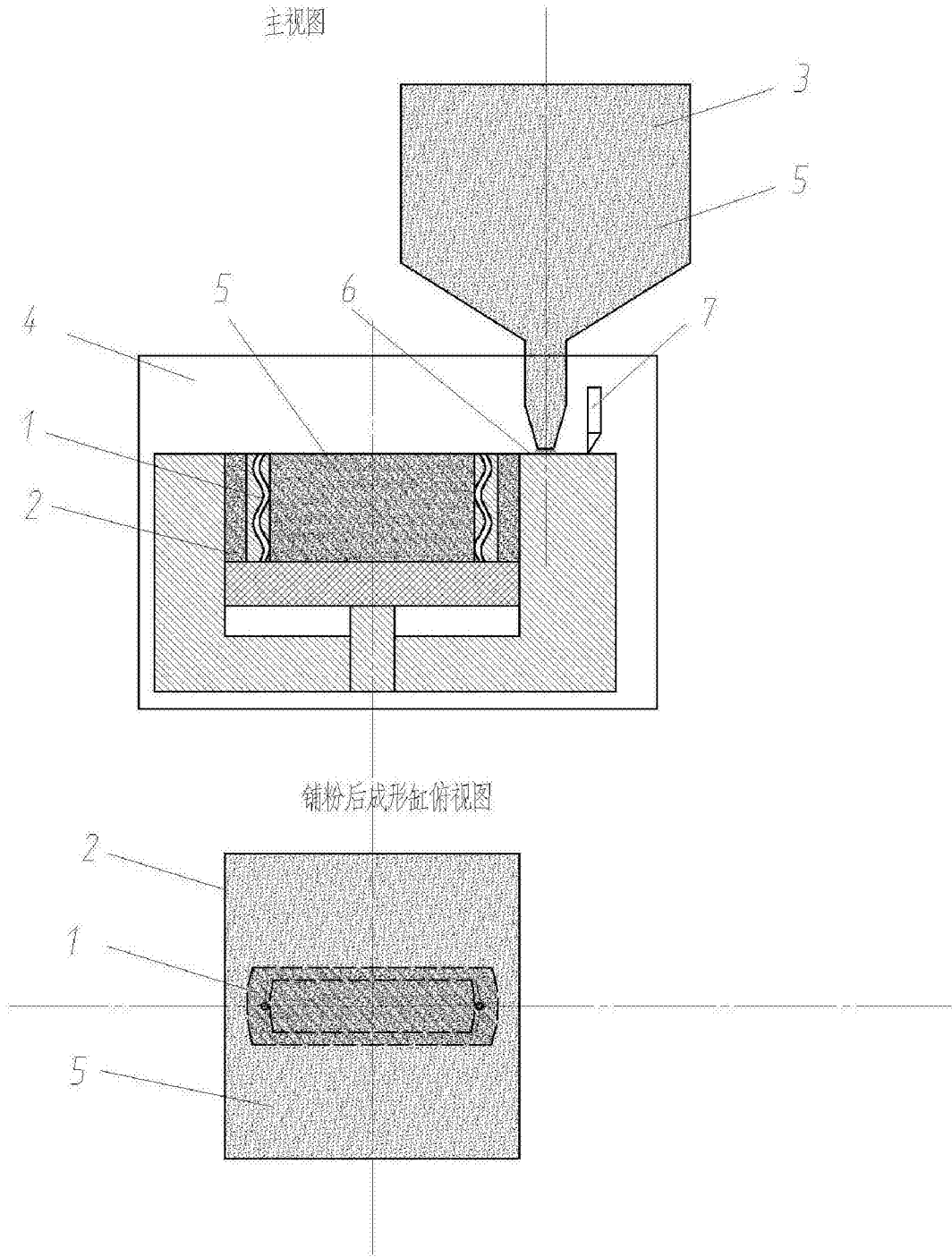


图1

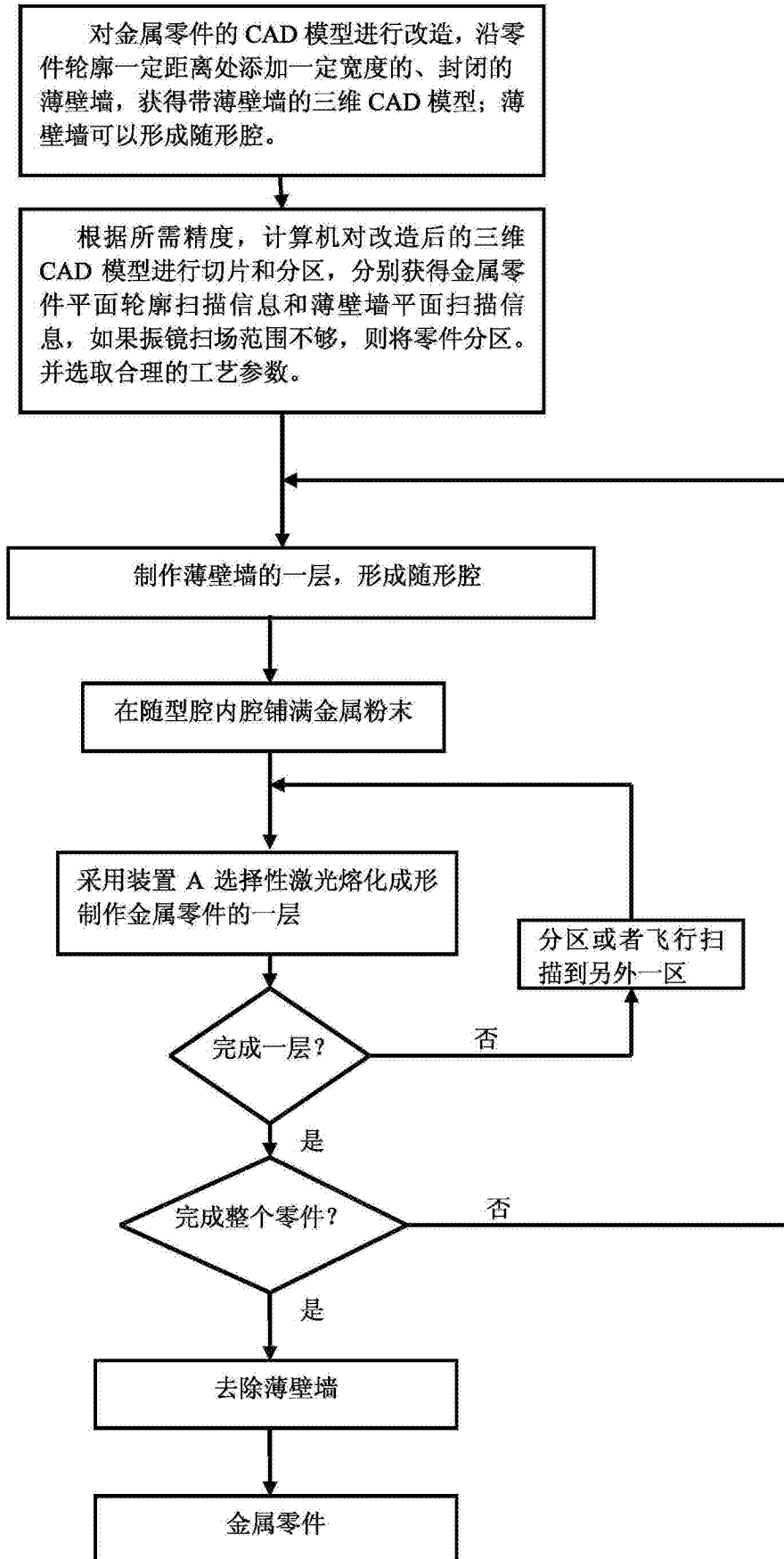


图2

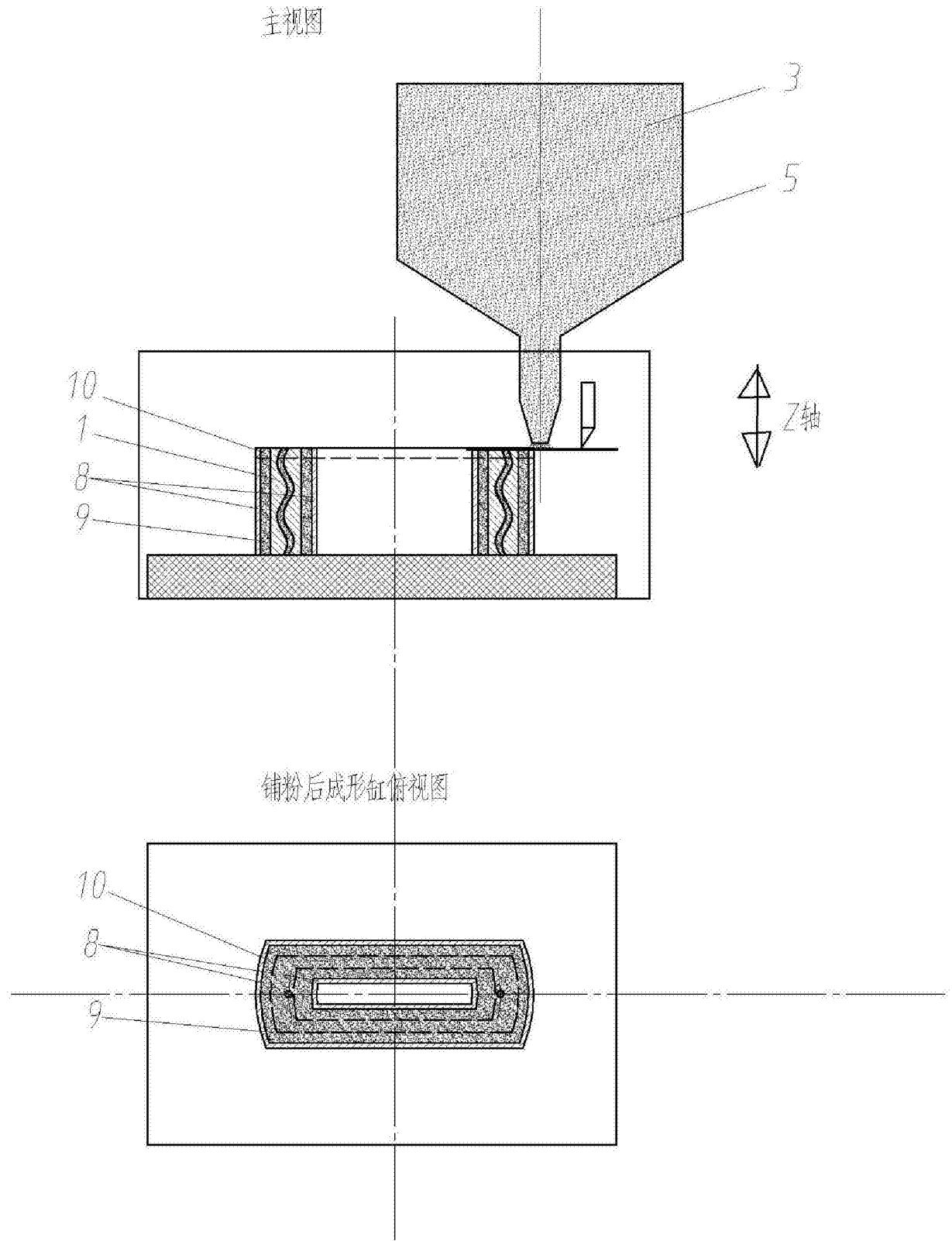


图3

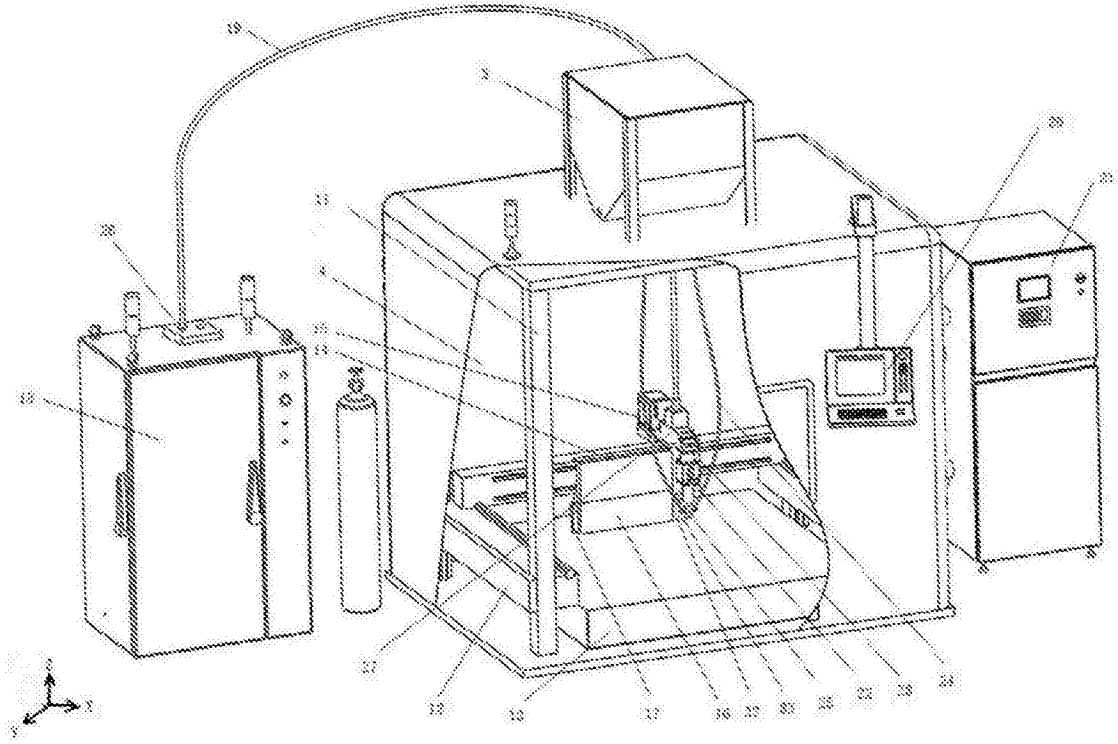


图4

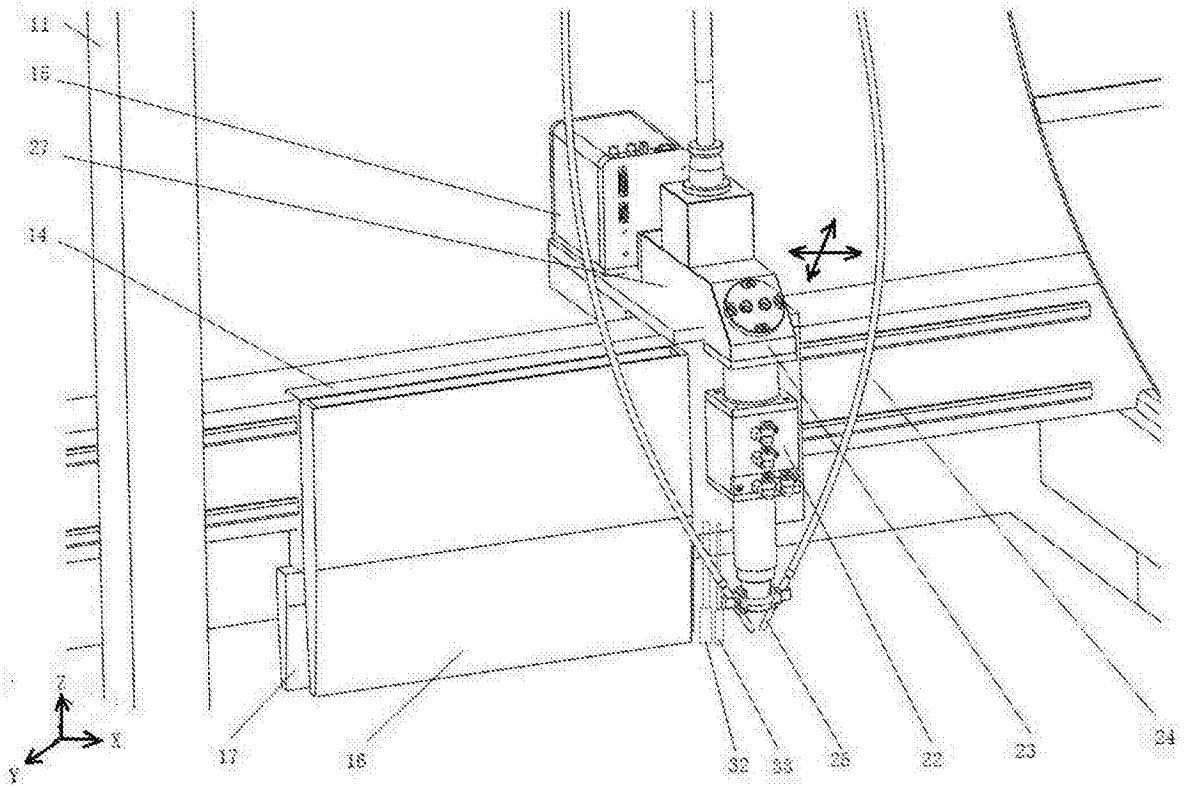


图5

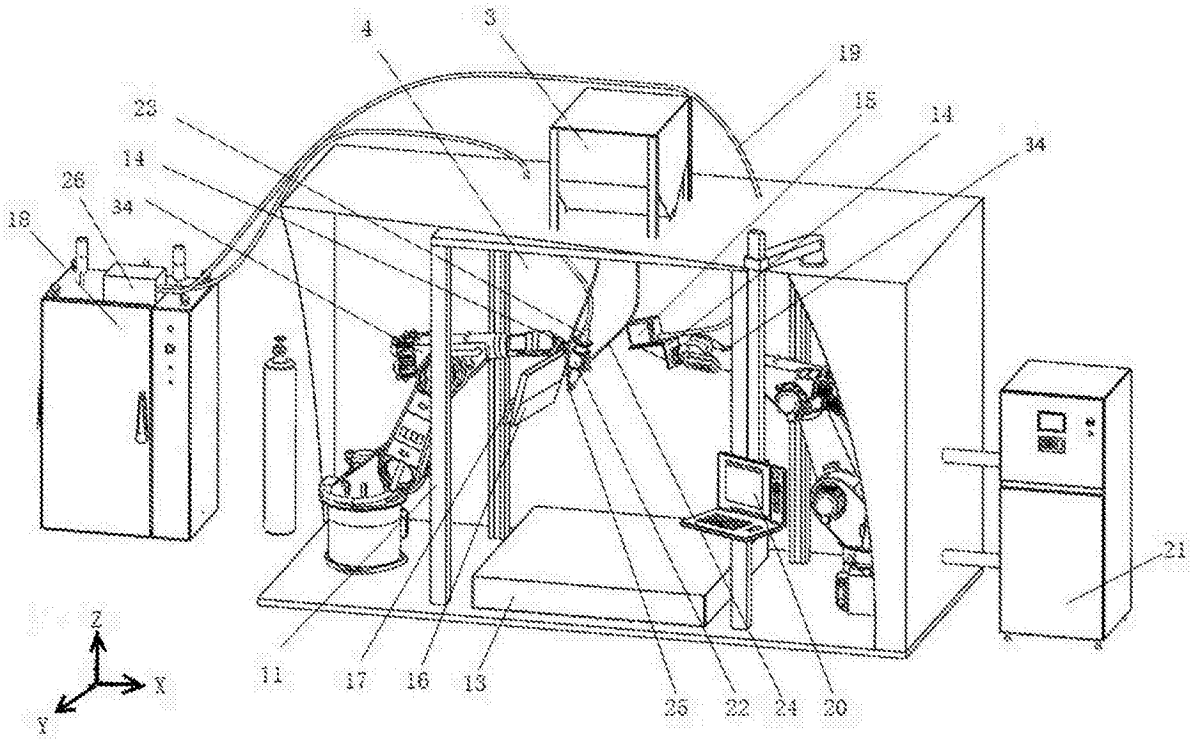


图6

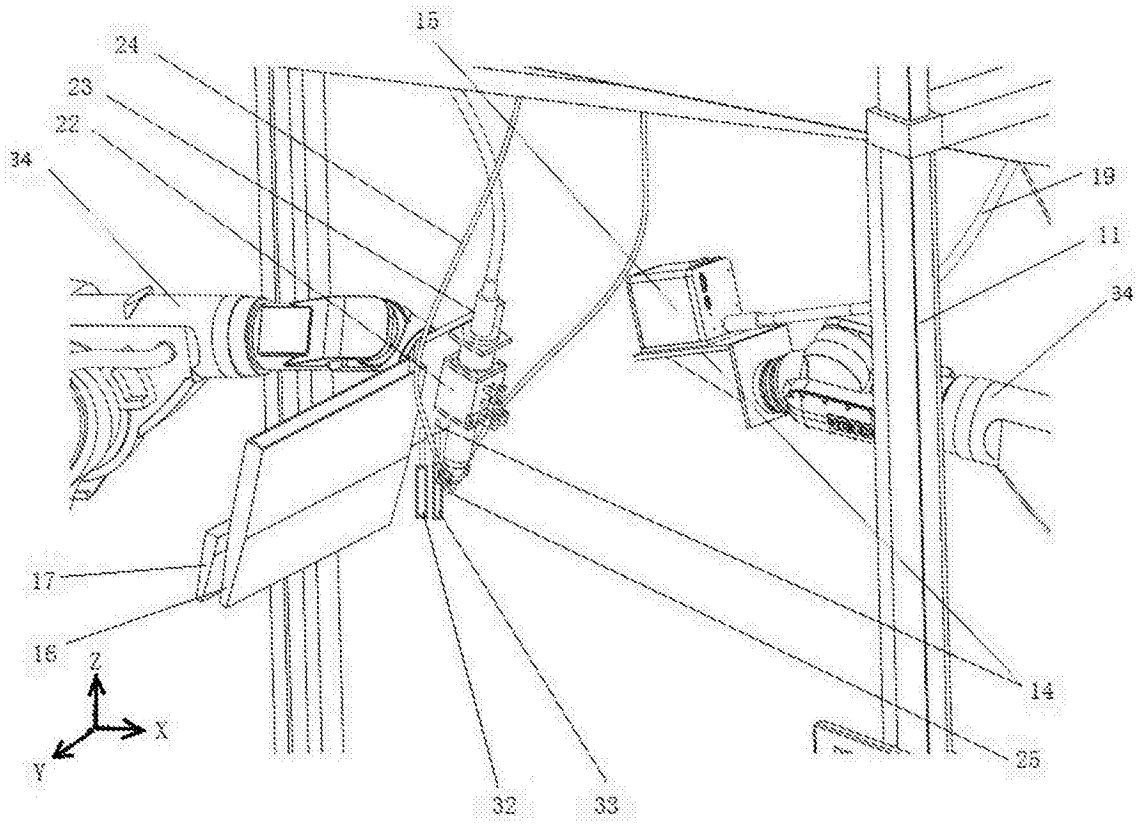


图7

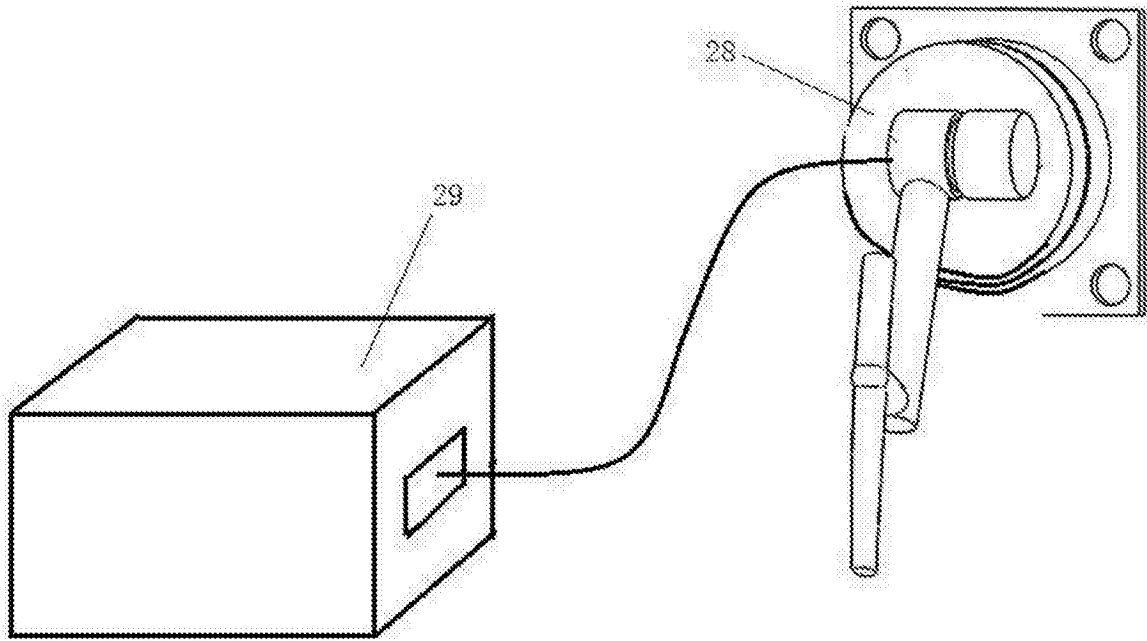


图8

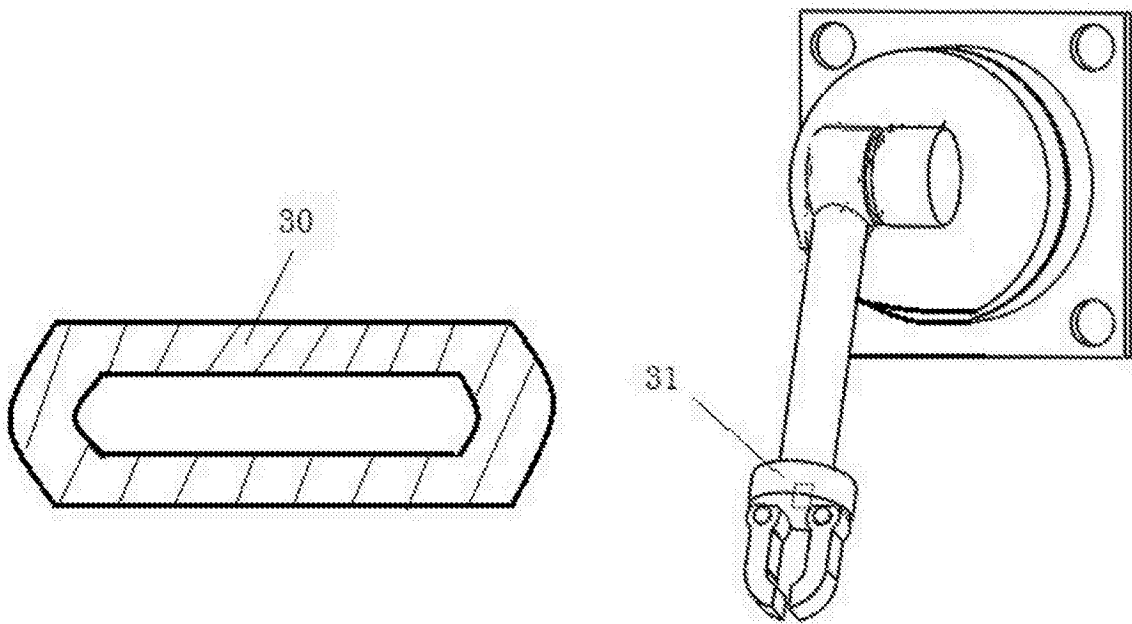


图9