



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203843167 U

(45) 授权公告日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201420231002. 7

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2014. 05. 07

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

(72) 发明人 曾晓雁 关凯 朱海红 王泽敏
李祥友 胡乾午 蒋明 段军

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 曹葆青

(51) Int. Cl.

B22F 3/105(2006. 01)

B29C 67/00(2006. 01)

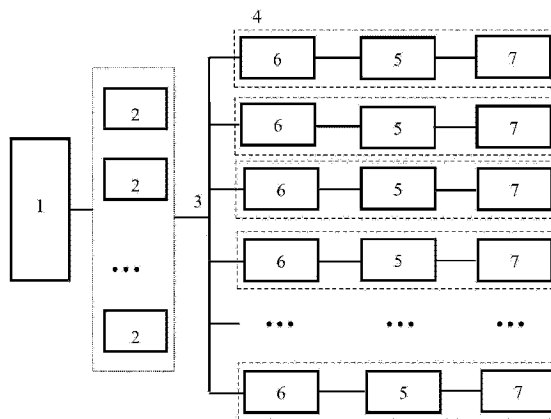
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种激光选区熔化成型设备

(57) 摘要

本实用新型公开了一种激光选区熔化成型设备,包括控制系统、激光器、导光系统和工位,激光器为一台或多台,每台激光器对应至少二个工位;控制系统用于控制各工位内组件的运动以及所述激光器激光的输出状态;每个工位均包含一套激光成型模块及其对应的扫描系统和辅助装置;激光成型模块为 SLM 装置中的成型腔,扫描系统由至少一套振镜系统组成;辅助装置用于实现 SLM 成型所需的预热或 / 和气体净化循环;由激光器发出的激光经过导光系统后分别到达对应的各个工位的扫描系统,再通过对应的激光成型模块对粉末进行激光熔化,各工位交替进行送粉、铺粉、扫描和升降,实现激光器的不间断工作,实现激光的高效利用,降低成型零件的制造成本。



1. 一种激光选区熔化成型设备,其特征在于,该设备包括控制系统、激光器、导光系统和工位,激光器为一台或多台,每台激光器对应至少二个工位;

每个工位均包含一套激光成型模块及其对应的扫描系统和辅助装置;

激光成型模块为 SLM 装置中的成型腔,扫描系统由至少一套振镜系统组成;辅助装置用于实现 SLM 成型所需的预热或 / 和气体净化循环;

控制系统分别与激光器、激光成型模块、扫描系统和辅助装置电信号连接,以控制激光成型模块、扫描系统和辅助装置的运动以及所述激光器激光的输出状态。

2. 根据权利要求 1 所述的激光选区熔化成型设备,其特征在于,所述激光成型模块均包括光学窗口、送粉机构、铺粉装置、成型缸、回收缸、基板及活塞;

光学窗口位于成型缸的上方,成型缸内安装有升降活塞,基板水平安装在活塞上,送粉机构安装在成型缸上方的一侧,铺粉装置位于成型缸的一侧,回收缸位于成型缸的另一侧。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的激光选区熔化成型设备,其特征在于,所述工位的数量为 $2A+1$ 个,其中, A 为非激光扫描时间与激光扫描时间之比,

$$A = \frac{T_{PF} + t_1 + t_2}{T_{SM}}$$

t_1 为活塞下降时间为, t_2 为单个工位的送粉时间; T_{PF} 为单个工位的铺粉时间, T_{SM} 为单个工位的激光扫描时间。

一种激光选区熔化成型设备

技术领域

[0001] 本实用新型属于增材制造领域,具体涉及到一种多工位高效选区激光熔化快速成型设备。

背景技术

[0002] 选区激光熔化成型技术 (Selective laser melting, SLM) 的基本原理是基于分层制造、层层叠加的方式制作三维零件。其工艺流程如下:(1) 首先对零件的三维 CAD 模型进行分层切片,获得每层零件的轮廓信息;(2) 控制系统对工艺及扫描路径进行规划;(3) 送粉装置送粉,铺粉装置在成型缸内铺设一层与切片厚度一样厚的粉末;(4) 激光根据控制系统指令选择性地熔化粉末;(5) 成型缸活塞下降一个层厚的高度;(6) 重复(3)~(5),直至完成零件的制造。SLM 技术较传统制造方法的优势在于可以直接无模近净成型具有复杂结构、高熔点材料或难加工材料等特征的零件,所成型零件尺寸精度高且力学性能优异。

[0003] 关于 SLM 设备及工艺方法,目前国内外已有若干专利,按照设备结构和工艺方法可以分为两种:一种是:1 台激光器+1 套振镜+1 个成型缸,典型的例子如美国专利“PROCESS AND DEVICE FOR PRODUCING A SHAPED BODY BY SELECTIVE LASER MELTING”(专利号:US7047098)。这种 SLM 设备只含有一套振镜和一个工位,在成型缸的活塞下降及送/铺粉期间,激光是不工作的,也就是“闲置”的。这种设备是当前 SLM 的主要产品,各公司仅在送粉结构和铺粉装置上略有不同。此类 SLM 设备受限于振镜系统的扫场范围和精度要求,加工幅面一般不超过 250mm×250mm,无法成型大尺寸零件,激光的利用率和设备的沉积效率都较低。

[0004] 另一种是:N 台激光器+N 套振镜+1 个成型缸(N 为整数,N>1),如国内专利文献“直接制造大型零部件的选区激光熔化快速成型设备”(公开号:CN102266942A)。这类装置的主要特点是采用一台或数台乃至数十台激光器,每台激光器对应一套振镜,所有的振镜系统拼接,实现大幅面的成形。这种装置和方法,可以制备大尺寸零件,也可以同时制造多个同种材料的小尺寸零件。这类设备,由于采用了多台激光器,因此沉积效率可以大幅度提高。在同时制作多个小尺寸零件时,还由于减少了清粉时间,因而沉积效率提高更多。但是该类设备依然是单一工位的,在成型缸的活塞下降和送/铺粉时段内,激光依然是“闲置”的,因此激光器的利用率依然不高,效能未得到最大的发挥。

[0005] 激光器是 SLM 设备中一个价格高昂的关键部件,是设备制造成本的重要组成部分。在生产过程中,激光器的运行费和折旧费都是 SLM 成型零件制造成本的重要组成部分。对于单一工位而言,在成型缸内活塞下降或者送/铺粉时间内,激光器必然是“闲置”的,导致资源的浪费。特别是如果采用高功率激光,则在多层、多次连续扫描成形后,由于粉末床热量累积大,容易导致熔池温度过高,使得零件的凝固速度降低。为此,必须冷却一段时间,使得熔池冷却下来后再进行下一道次的扫描,使得激光器的“闲置”时间更长。因此,在 SLM 成型过程中,成型缸活塞下降、送/铺粉时间以及熔池冷却时间导致的激光器“闲置”时间非常可观。

实用新型内容

[0006] 本实用新型提供高效的多工位激光选区熔化成型设备,目的在于提高激光器的利用率和 SLM 设备的沉积效率。

[0007] 本实用新型提供的一种选区激光熔化快速成型设备,其特征在于,该装置包括控制系统、激光器、导光系统和工位,激光器为一台或多台,每台激光器对应至少二个工位;

[0008] 每个工位均包含一套激光成型模块及其对应的扫描系统和辅助装置;

[0009] 激光成型模块为 SLM 装置中的成型腔,扫描系统由至少一套振镜系统组成;辅助装置用于实现 SLM 成型所需的预热或 / 和气体净化循环;

[0010] 控制系统分别与激光器、激光成型模块、扫描系统和辅助装置电信号连接,以控制激光成型模块、扫描系统和辅助装置的运动以及所述激光器激光的输出状态;

[0011] 由激光器发出的激光经过导光系统后分别到达对应的各个工位的扫描系统,再通过对应的激光成型模块对粉末进行激光熔化,各工位交替进行送粉、铺粉、扫描和升降,实现激光器的不间断工作,以提高激光的利用率。

[0012] 作为上述技术方案的改进,所述激光成型模块均包括光学窗口、送粉机构、铺粉装置、成型缸、回收缸、基板及活塞;光学窗口位于成型缸的上方,成型缸内安装有升降活塞,基板水平安装在活塞上,送粉机构安装在成型缸上方的一侧,铺粉装置位于成型缸的一侧,回收缸位于成型缸的另一侧。经过扫描系统聚焦后的激光束经由光学窗口到达成型缸的粉床表面,成型缸缸壁的上表面为铺粉的基准,铺粉装置能够在成型缸的上表面运动,并以成型缸的上表面为基准铺粉。基板是成型零件的生长基底;在铺粉前,活塞在控制系统控制下先下降一个切片厚度的高度,然后送粉机构送粉,铺粉装置铺粉,多余的粉末通过回收缸回收。

[0013] 本实用新型提出了一个多工位 SLM 设备的思路,即:采用多工位的 SLM 机床,共享一个激光源,则在一个工位的成型缸活塞下降或者送 / 铺粉时,激光在另外的工位进行加工处理,从而使激光器的利用率大幅度提高,大大降低成型零件的制造成本。这种多工位成形不仅可以解决成形过程中激光器的“闲置”问题,还可以进行多个零件甚至多个不同材料零件的同时制备,这将提高 SLM 的沉积效率,降低成型零件的制造成本,特别适合小批量、多品种的复杂金属构件生产。

[0014] 与现有的 SLM 设备相比,本实用新型具有以下特点:

[0015] (1) 本实用新型采用的 1 台或者数台激光器匹配多个工位,即根据使用情况,一台激光器匹配的工位大于 1,即一台激光器匹配多工位;

[0016] (2) 每个工位所对应的振镜可以是一套也可以是多套;

[0017] (3) 采用本实用新型,可以使得激光器一直处于使用状态,即在一个工位的成型缸下降和送 / 铺粉时间内,激光器不再“闲置”,而是在别的工位进行扫描,因此激光的利用率大大提高,甚至可以是全时工作;

[0018] (4) 本实用新型可以通过增加工位来增加层间扫描时间间隔,在采用高功率及不降低激光器利用率的条件下减少成型零件过程中的热量积累,避免各种相关缺陷的产生。

附图说明

- [0019] 图 1 是本实用新型多工位选区激光熔化快速成型设备的结构示意图。
- [0020] 图 2 是本实用新型激光器、导光系统和振镜系统相组合的一种具体方式的结构示意图。
- [0021] 图 3 是本实用新型多工位选区激光熔化快速成型设备激光成型模块的一种具体实例。
- [0022] 图 4 是本实用新型选区激光熔化快速成型设备的控制流程图。

具体实施方式

[0023] 现有的 SLM 设备都是单一工位,其生产流程主要包括送粉、铺粉、激光扫描和成型缸活塞下降等工序,这些工序依次重复循环直至整个零件完成。在此期间,激光器只在激光扫描环节使用,其它时间均是闲置的。而本实用新型不同,激光器始终处于扫描状态。对于某一工位来说,其生产流程依然送粉、铺粉、激光扫描和成型缸活塞下降等工序的依次重复循环直至整个零件完成。但是几个工位之间,各生产流程是存在一定时间差异的。以四工位为例,在某一时刻,A 工位送粉,B 工位铺粉,C 工位激光扫描,D 工位成型缸活塞下降。在下一个时刻,则 A 工位铺粉,B 工位激光扫描,C 工位成型缸活塞下降,D 工位送粉。如此轮流交替,直到四个工位的零件都成型完毕。因此激光将始终处于使用状态——扫描。激光被几个工位轮流使用,因此激光器的利用率非常高,甚至是全时工作。该发明的另一个优势是,当激光束在几个工位交替扫描,使得各工位的粉末床有时间冷却,不会因为采用高功率激光扫描频率太高而过热,造成冶金缺陷。

[0024] 下面结合附图对本实用新型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实用新型,但并不构成对本实用新型的限定。此外,下面所描述的本实用新型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。

[0025] 本实用新型通过控制系统控制各工位的加工工序,使得激光器的光束分时作用于不同的工位,使激光器始终处于工作状态,直至所有工位的零件加工完成。

[0026] 本实用新型的设备组建过程通过对常用待加工零件材料、尺寸、结构等的判断来合理选择相关参数,进而估算并设计出最佳的设备组合方案。

[0027] 如图 1 所示,本实用新型所涉及的选区激光熔化快速成型设备的一种具体实施方式包括控制系统 1、激光器 2、导光系统 3 和至少二个工位 4,每个工位包含一套激光成型模块 5 及其对应的扫描系统 6 和辅助装置 7。辅助装置 7 用于实现 SLM 成型所需的诸如预热、气体净化、循环等中的一种或几种功能。

[0028] 控制系统 1 含有与工位 4 一一对应的若干运动控制卡,运动控制卡接收信号控制各工位 4 内组件的运动及各激光器激光的输出状态。激光器 2 可以是一台或者多台,可以是相同或不同的种类和型号。

[0029] 如图 2 所示,扫描系统 6 是由振镜系统 8 组成,一套扫描系统 6 可以由一套振镜系统组成,也可以是数套振镜系统拼装组成,激光器 2 发出的激光经过导光系统 3 后到达扫描系统 6 中各振镜的激光入口,控制系统 1 控制每束激光分时进入在不同工位上与之对应的振镜系统 8。

[0030] 导光系统 3 可以是光纤组,也可以是由光学镜片组成的反射导光系统,甚至是两

者的组合,或者任意一种能够将激光导入工位的光学结构。

[0031] 整个设备必须包含至少两个工位 4,每个工位都是常规 SLM 设备的去除激光器和导光系统后的部分,即每个工位包含激光成型模块 5 和扫描系统 6,激光成型模块 5 与扫描系统 6 一一对应。

[0032] 如图 3 所示,激光成型模块 5 即为常规 SLM 装置中的成型腔,通常包括光学窗口 9、送粉机构 10、铺粉装置 11、成型缸 12、回收缸 13、基板 14 及活塞 15。如果辅助装置 7 中含有预热装置,则预热装置安装在成型缸 12 的底部或者周围。

[0033] 激光器 2 发出的激光经过导光系统 3 后到达扫描系统 6,经过扫描系统 6 聚焦后经由光学窗口 9 到达具有气氛保护功能的密闭成型腔的成型缸 12 的粉床表面,成型缸 12 缸壁的上表面为铺粉的基准,铺粉装置 11 可以在成型缸的上表面运动,并以成型缸 12 的上表面为基准铺粉。成型缸 12 内有一能够上下精确运动的活塞 15,基板 14 水平安装在活塞 15 上,基板 14 是成型零件的生长基底。在铺粉前,活塞 15 在控制系统控制下先下降一个切片厚度的高度,然后送粉机构 10 送粉,铺粉装置 11 铺粉。在此过程中,多余的粉末通过回收缸 13 回收。必须说明的是,上述激光成型模块 5 可以是现有 SLM 设备中的任意一种成型腔的结构。

[0034] 本实用新型所涉及的选区激光熔化快速成型设备在筹建前应合理规划激光器 2、工位 4 的数量以及导光系统 3、激光成型模块 5、扫描系统 6 的结构。在充分考虑常用成型零件的尺寸和效率下,尽可能减少激光器 2 的数量;并在激光利用率最高及要求的生产效率的前提下尽可能减少工位 4 或者振镜系统 8 的数量,优化组合模块,避免出现各种装置数量不匹配而某些装置出现过分闲置的情况。本实用新型所涉及的选区激光熔化快速成型设备中工位的数量、激光成型模块的结构及其与激光器的组合模式的选择可以依照以下步骤:

[0035] (1) 明确常用待加工零件的材料、尺寸和结构,根据材料种类在工艺参数库中选择合理的加工参数,根据零件尺寸选择激光成型模块的成型腔体的大小,根据零件结构估算零件与成型空间的体积比。

[0036] (2) 计算非激光扫描时间与激光扫描时间之比 A。设成型腔为边长为 a 的正方形,采用单向铺粉且铺粉速度为 v,铺粉行程为两倍的成型腔边长;激光扫描速度为 v ,线间距为 d,零件与成型空间的体积比为 η ,单个扫描系统限定的加工幅面为 S。铺粉时间 T_{PF} 和激光扫描时间 T_{SM} 分别可用公式 (1)、(2) 估算。

$$[0037] \quad T_{PF} = \frac{4a}{v} \quad (1)$$

$$[0038] \quad T_{SM} = \frac{S \cdot \eta}{v \cdot d} \quad (2)$$

[0039] 设活塞下降时间为 t_1 ,送粉时间为 t_2 ,则非激光扫描时间与激光扫描时间之比 A 可由式 (3) 估算。

$$[0040] \quad A = \frac{T_{PF} + t_1 + t_2}{T_{SM}} \quad (3)$$

[0041] 为保证激光器的充分利用,所有工位的激光扫描总时间应超过两倍的铺粉时间,因此工位的数量应为 $[2A+1]$ 。在单工位具有多个振镜系统的情况下则需要根据零件的结构适当提高零件与成型空间的体积比 η ,以减少因局部区域的高体积比造成的激光扫描时间

估算误差。对于加工幅面不为正方形的选区激光熔化快速成型设备亦可根据相应的计算模式进行估算。为了避免激光在加工过程中造成局部热量集中而产生如气孔、变形等加工缺陷,及产生的热积累造成应力集中弱化快速凝固效果而降低力学性能,亦可适当增加工位的数量,增加相邻层激光扫描的时间间隔。

[0042] (3) 合理布置 $[2A+1]$ 个工位,使之在操作、加工过程中互不干扰。

[0043] (4) 所有激光器发出的激光沿导光系统分时输入 $[2A+1]$ 个工位。这可以采用激光器带多路光纤,也可以采用硬光路或者分光镜来实现。如果各工位的扫描系统布局相同,应尽量避免同一台激光器对应在不同工位中的振镜系统处于相似的位置,这样可以在零件的小批量生产中通过控制系统的合理规划增加激光器的利用率。

[0044] 选区激光熔化快速成型设备的加工过程中各工位工序顺序的优化及各激光器导光输出顺序的优化是本实用新型中提高激光器有效利用率的重要特点之一。各工位成型过程中主要包括送粉、铺粉、激光扫描和活塞下降四个工序,而激光器激光导光顺序主要指各激光到达各振镜系统的先后顺序。在选区激光熔化快速成型设备中,各工序及激光导光顺序均由控制系统 1 统一规划,为避免出现工序混乱须遵守以下原则:

[0045] (1) 送粉、铺粉、活塞下降工序下的工位内不能进行激光扫描工序。

[0046] (2) 先完成铺粉工序的工位具有进行激光扫描工序的优先权。

[0047] (3) 某一工位的所有振镜系统的激光扫描工序结束后方可进行该工位的下一个工序。

[0048] (4) 某一工位的一个振镜系统完成激光扫描工序后,其对应的激光器即可切换到别的工位中的导光系统,进行激光扫描工序,无需等待当前工位所有扫描系统工作结束。

[0049] (5) 各工位的激光扫描工序可以同时进行,但是至少有一个工位的激光扫描工序是错时的,以保证激光的高利用率。

[0050] 控制系统的控制流程如图 4 所示。主要为:

[0051] 将激光器编号用 L 表示,工位编号则用 N 表示,则第 N 个工位使用第 L 台激光器输出激光的振镜系统表示为 (N, L) 。

[0052] 当第 N 个工位完成送、铺粉工序后,该工位所有振镜系统向控制系统发出请求信号,振镜系统 $(N, 1)$ 、 $(N, 2)$... (N, L) ...等待控制系统响应,设备中所有振镜系统的请求信号根据请求时间分配并排列在各自所属激光器待响应堆栈中。

[0053] 控制系统根据第 L 台激光器待响应堆栈中请求信号的排列顺序,采用先进先出的选择策略对各工位振镜系统的请求信号做出响应,并控制发出该请求信号的振镜系统完成激光扫描工序。第 L 台激光器完成当前任务后发出请求信号,控制系统将堆栈中的下一个请求信号的激光扫描工序分配给它。

[0054] 振镜系统 (N, L) 执行完激光扫描工序后立即向控制系统发出请求信号,请求信号分配到第 N 各工位的铺粉信号集合中,当该集合收集到第 N 个工位上所有振镜系统的请求信号后,控制系统控制该工位送、铺粉工序完成。

[0055] 若所有工位的铺粉信号集合都未收集完全且当前无铺粉工序在进行,则控制系统调整堆栈顺序,优先进行铺粉信号集合中信号最多的工位剩余等待中的振镜系统的激光扫描工序。

[0056] 控制系统不断的接收请求信号输送至各激光器待响应堆栈和各工位铺粉信号集

合,并根据激光器和工位的反馈信号对各执行机构发出指令完成激光扫描工序和送、铺粉工序。

[0057] 本实用新型不仅局限于上述具体实施方式,本领域一般技术人员根据本实用新型公开的内容,可以采用其它多种具体实施方式实施本实用新型,因此,凡是采用本实用新型的设计结构和思路,做一些简单的变化或更改的设计,都落入本实用新型保护的范围。

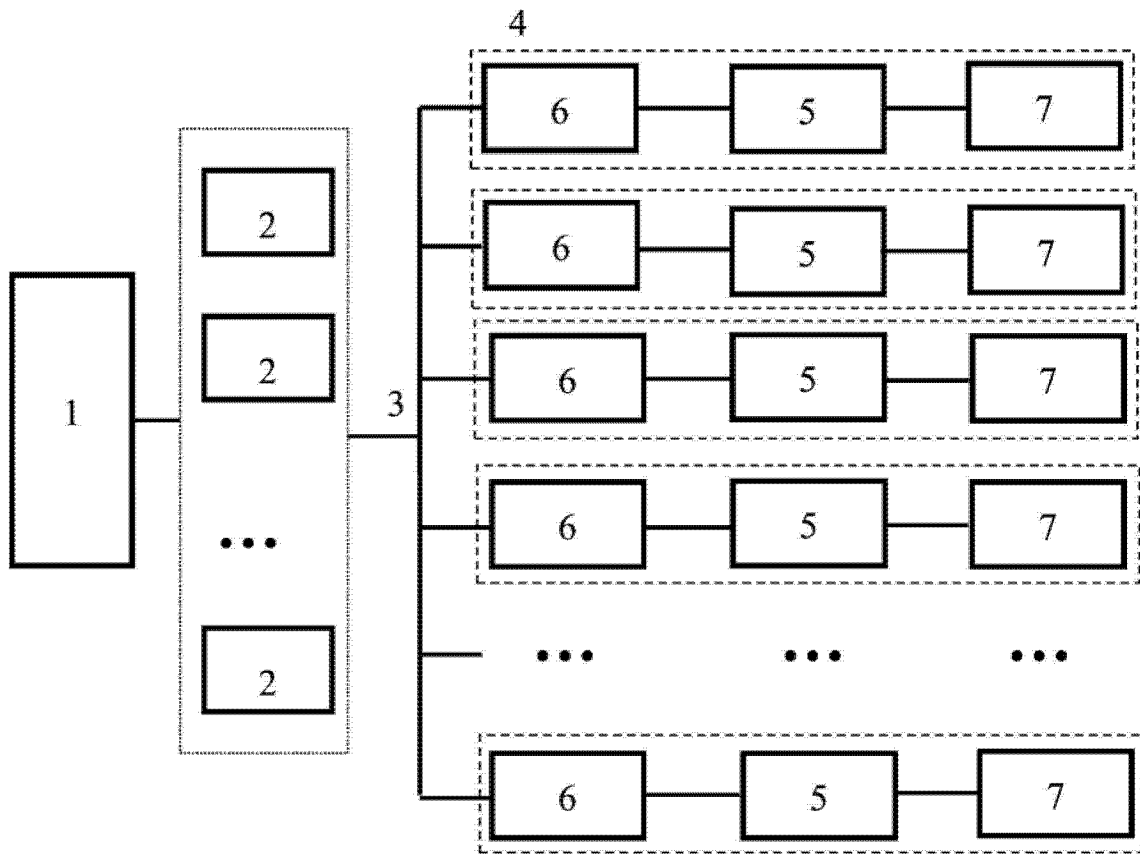


图 1

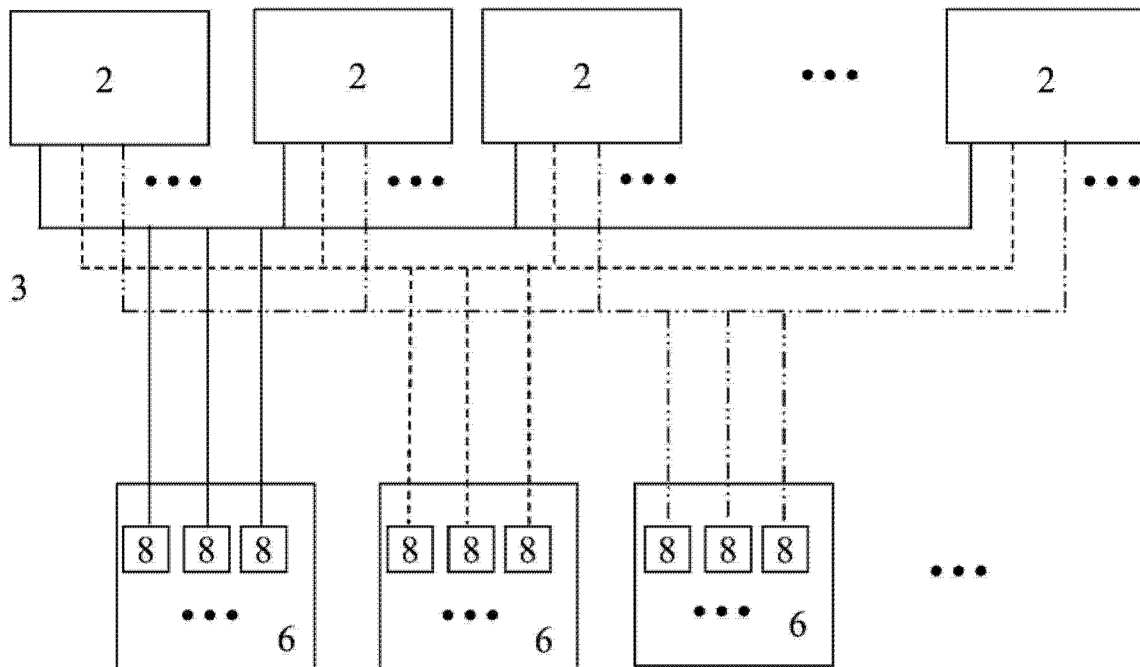


图 2

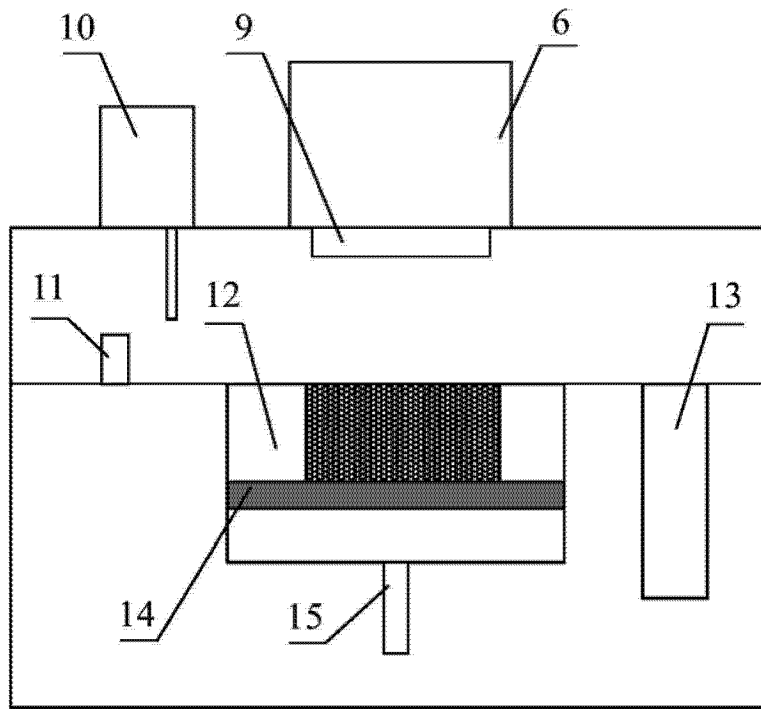


图 3

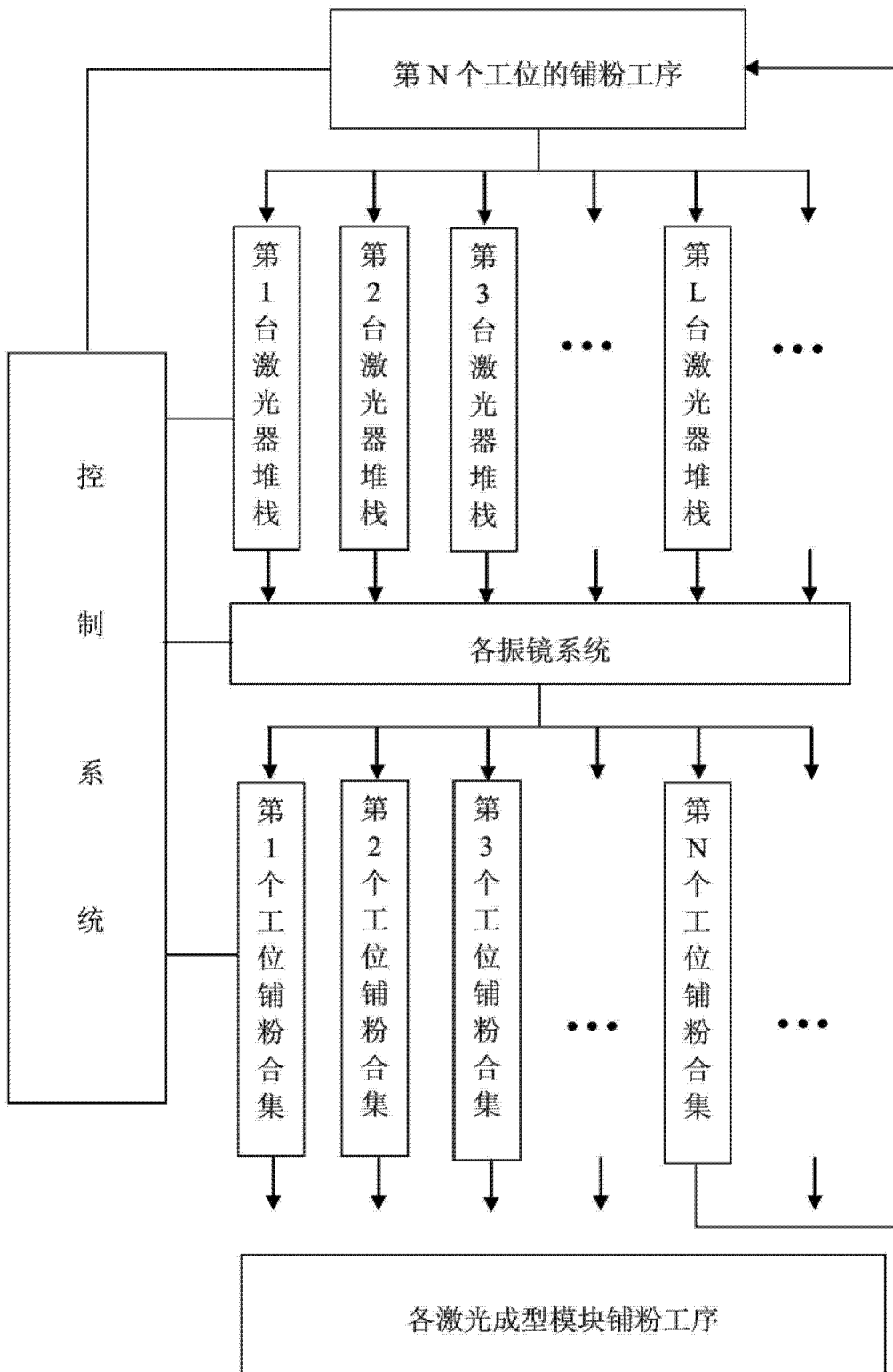


图 4