



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105665701 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201510296762. 5

B33Y 50/02(2015. 01)

(22) 申请日 2015. 06. 03

(71) 申请人 哈尔滨福沃德多维智能装备有限公司

地址 150000 黑龙江省哈尔滨市高新区科技创新城企业加速器 12 号楼智谷二街 4058 号 1 单元 1 层

(72) 发明人 潘志军 钱波 张爱平 全清友

(74) 专利代理机构 北京市盛峰律师事务所 11337

代理人 席小东

(51) Int. Cl.

B22F 3/105(2006. 01)

B33Y 10/00(2015. 01)

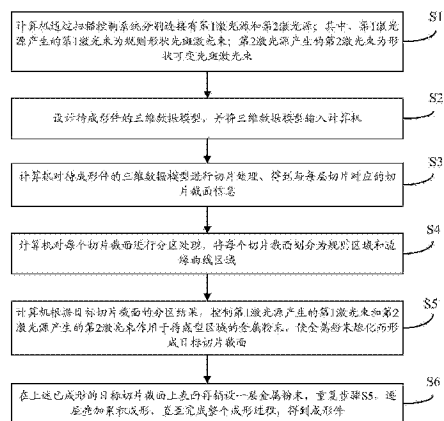
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种激光扫描粉末进行熔化成形的方法

(57) 摘要

本发明提供一种激光扫描粉末进行熔化成形的的方法,包括以下步骤:计算机对每个切片所对应的切片截面进行分区处理,将每个切片截面划分为规则区域和边缘曲线区域;计算机并行控制第 1 激光源产生的规则光斑激光束作用于规则区域、而第 2 激光源产生的形状可变光斑激光束一次性作用于边缘曲线区域,使金属粉末熔化而形成目标切片截面;然后,在上述已成形的目标切片截面上表面再铺设一层金属粉末,重复上述步骤,逐层叠加累积成形,直至完成整个成形过程,得到成形件。具有以下优点:采用两整激光并行扫描不同的成形区域,具有激光扫描速率快、激光扫描能量均匀、零件整体的热应力较小、零件不易变形等优点。



1. 一种激光扫描粉末进行熔化成型的方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1,计算机通过扫描控制系统分别连接有第1激光源和第2激光源;其中,所述第1激光源产生的第1激光束为规则形状光斑激光束;所述第2激光源产生的第2激光束为形状可变光斑激光束;

S2,设计待成形件的三维数据模型,并将所述三维数据模型输入计算机;

S3,计算机对所述待成形件的三维数据模型进行切片处理,得到与每层切片对应的切片截面信息;

S4,计算机根据所述第1激光源所产生的规则形状光斑激光束的形状和面积,对每个切片所对应的切片截面进行分区处理,将每个切片截面划分为两个区域,分别为规则区域和位于所述规则区域外面的边缘曲线区域;

S5,计算机根据目标切片截面的分区结果,控制第1激光源产生的第1激光束和第2激光源产生的第2激光束作用于待成型区域的金属粉末,使金属粉末熔化而形成目标切片截面;

本步骤具体为:

S5.1,所述第1激光源产生的第1激光束为规则形状光斑激光束;所述第2激光源产生的第2激光束为形状可变光斑激光束;

S5.2,计算机控制所述第1激光源产生的规则形状光斑激光束扫描所述目标切片截面的规则区域;

同时,所述计算机根据所述目标切片截面的边缘曲线区域的形状,对所述第2激光源产生的光斑激光束的形状进行自适应改变,得到与所述边缘曲线区域的形状一致的第3光斑激光束,并使所述第3光斑激光束作用于所述边缘曲线区域;

即:计算机控制所述规则形状光斑激光束和所述形状可变光斑激光束并行分区作用于待成型区域的金属粉末,使金属粉末熔化而形成目标切片截面;

S6,然后,在上述已成形的目标切片截面上表面再铺设一层金属粉末,重复步骤S5,逐层叠加累积成形,直至完成整个成形过程,得到成形件。

2. 根据权利要求1所述的激光扫描粉末进行熔化成型的方法,其特征在于,S1中,所述规则形状光斑激光束的光斑形状为矩形。

3. 根据权利要求2所述的激光扫描粉末进行熔化成型的方法,其特征在于,S4具体为:

S4.1,所述规则形状光斑激光束的光斑形状为矩形时,设该矩形的长为a、宽为b;

S4.2,所述计算机采用图像分割算法,对所述切片截面的边界线所围成的区域进行图像分割,从而在切片截面边界线内部划分得到闭合梯度曲线;其中,所述闭合梯度曲线由m个同向排列的a\*b矩形单元组成;此处,m值为切片截面边界线内部能够划分得到的同向排列的a\*b矩形单元的最大数量值;

则:所述闭合梯度曲线的内部区域为所述规则区域;所述闭合梯度曲线和所述切片截面边界线之间的区域为所述边缘曲线区域。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的激光扫描粉末进行熔化成型的方法,其特征在于,所述第1激光源和所述第2激光源均为光纤激光器。

5. 根据权利要求1-3任一项所述的激光扫描粉末进行熔化成型的方法,其特征在于,

所述第 1 激光源为光纤激光器,而所述第 2 激光源为半导体激光器;或者,所述第 1 激光源为半导体激光器,而所述第 2 激光源为光纤激光器。

## 一种激光扫描粉末进行熔化成型的方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于激光熔化成型技术领域,具体涉及一种激光扫描粉末进行熔化成型的方法。

### 背景技术

[0002] 选择性激光熔化 (Selective Laser Melting, SLM) 金属粉末的快速成型技术,可直接成型出接近完全致密度的金属零件,由于其具有制造过程不受零件复杂程度的影响、制造效率高以及成本低等优点,特别适合用于制造复杂结构零部件。

[0003] SLM 系统主要由送粉系统、激光扫描系统、铺粉系统、成形腔以及控制整个设备运转的控制系统和相应程序组成,其工作原理为:(1) 首先将零件的 CAD 三维模型输入计算机;(2) 计算机对成型件的 CAD 三维模型进行切片和分层处理,得到与每层切片对应的扫描路径;(3) 计算机根据每层切片的扫描路径,对激光扫描系统进行控制,其中,激光扫描系统包括扫描系统和激光源;具体控制方法为:扫描系统控制激光源产生的激光束作用于待成型区域内的金属粉末,使金属粉末熔化而形成单层结构;然后,在所形成的单层结构的表面再次铺覆一层金属粉末;再使激光束作用于新铺覆的金属粉末,使新铺覆的金属粉末熔化成型;如此不断循环,直至 CAD 三维模型的切片层全部扫描完毕,通过逐层累积方式得到最终的成型金属零件。

[0004] 在上述 SLM 系统中,激光扫描系统属于最重要组成部分,直接影响零件成型制造的质量。目前,国际上使用的选择性激光成型系统所选用的激光扫描系统,基本由一台激光源和一个扫描系统构成,因此,在零件制造过程中,只有一个激光源工作,并且,由同一激光源所发出的激光束需要扫描零件的整个切片。

[0005] 该种单束激光扫描的工作方式,主要存在以下不足:需要单束激光对整个切片截面进行逐点扫描,一方面,需要耗费较长的时间,降低了成型效率;另一方面,在单束激光遍历扫描截面不同位置的过程中,造成截面温度场变化剧烈,温度场均匀性差,而材料受热后与环境显著的温差,会增加材料的热应力,使零件制造过程中易发生翘曲变形和裂纹。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术存在的缺陷,本发明提供一种激光扫描粉末进行熔化成型的方法,可有效解决上述问题。

[0007] 本发明采用的技术方案如下:

[0008] 本发明提供一种激光扫描粉末进行熔化成型的方法,包括以下步骤:S1,计算机通过扫描控制系统分别连接有第 1 激光源和第 2 激光源;其中,所述第 1 激光源产生的第 1 激光束为规则形状光斑激光束;所述第 2 激光源产生的第 2 激光束为形状可变光斑激光束;

[0009] S2,设计待成型件的三维数据模型,并将所述三维数据模型输入计算机;

[0010] S3,计算机对所述待成型件的三维数据模型进行切片处理,得到与每层切片对应的切片截面信息;

[0011] S4,计算机根据所述第1激光源所产生的规则形状光斑激光束的形状和面积,对每个切片所对应的切片截面进行分区处理,将每个切片截面划分为两个区域,分别为规则区域和位于所述规则区域外面的边缘曲线区域;

[0012] S5,计算机根据目标切片截面的分区结果,控制第1激光源产生的第1激光束和第2激光源产生的第2激光束作用于待成型区域的金属粉末,使金属粉末熔化而形成目标切片截面;

[0013] 本步骤具体为:

[0014] S5.1,所述第1激光源产生的第1激光束为规则形状光斑激光束;所述第2激光源产生的第2激光束为形状可变光斑激光束;

[0015] S5.2,计算机控制所述第1激光源产生的规则形状光斑激光束扫描所述目标切片截面的规则区域;

[0016] 同时,所述计算机根据所述目标切片截面的边缘曲线区域的形状,对所述第2激光源产生的光斑激光束的形状进行自适应改变,得到与所述边缘曲线区域的形状一致的第3光斑激光束,并使所述第3光斑激光束作用于所述边缘曲线区域;

[0017] 即:计算机控制所述规则形状光斑激光束和所述形状可变光斑激光束并行分区作用于待成型区域的金属粉末,使金属粉末熔化而形成目标切片截面;

[0018] S6,然后,在上述已成形的目标切片截面上表面再铺设一层金属粉末,重复步骤S5,逐层叠加累积成形,直至完成整个成形过程,得到成形件。

[0019] 优选的,S1中,所述规则形状光斑激光束的光斑形状为矩形。

[0020] 优选的,S4具体为:

[0021] S4.1,所述规则形状光斑激光束的光斑形状为矩形时,设该矩形的长为 $a$ 、宽为 $b$ ;

[0022] S4.2,所述计算机采用图像分割算法,对所述切片截面的边界线所围成的区域进行图像分割,从而在切片截面边界线内部划分得到闭合梯度曲线;其中,所述闭合梯度曲线由 $m$ 个同向排列的 $a*b$ 矩形单元组成;此处, $m$ 值为切片截面边界线内部能够划分得到的同向排列的 $a*b$ 矩形单元的最大数量值;

[0023] 则:所述闭合梯度曲线的内部区域为所述规则区域;所述闭合梯度曲线和所述切片截面边界线之间的区域为所述边缘曲线区域。

[0024] 优选的,所述第1激光源和所述第2激光源均为光纤激光器。

[0025] 优选的,所述第1激光源为光纤激光器,而所述第2激光源为半导体激光器;或者,所述第1激光源为半导体激光器,而所述第2激光源为光纤激光器。

[0026] 本发明提供的激光扫描粉末进行熔化成形的方法具有以下优点:

[0027] 采用两整激光并行扫描不同的成形区域,具有激光扫描速率快、激光扫描能量均匀、零件整体的热应力较小、零件不易变形等优点。

## 附图说明

[0028] 图1为本发明提供的激光扫描粉末进行熔化成形的方法流程示意图;

[0029] 图2为本发明提供的切片截面划分过程示意图;其中,1为边缘曲线区域;2为规则区域;

[0030] 图3为现有技术提供的点状光斑激光束线性扫描结果示意图;

[0031] 图 4 为本发明提供的形状可变光斑激光束随形一次性填充示意图。

### 具体实施方式

[0032] 以下结合附图对本发明进行详细说明：

[0033] 为解决国际上采用单束激光熔化成形所具有的效率低、零件成形易变形、易产生裂纹、且热应力难于控制的技术问题，本发明设计了一种激光扫描粉末进行熔化成形的方法，采用两束激光并行扫描不同的成形区域，具有激光扫描速率快、激光扫描能量均匀、零件整体的热应力较小、零件不易变形等优点。

[0034] 结合图 1，本发明提供一种激光扫描粉末进行熔化成形的方法，包括以下步骤：

[0035] S1，计算机通过扫描控制系统分别连接有第 1 激光源和第 2 激光源；其中，所述第 1 激光源产生的第 1 激光束为规则形状光斑激光束；所述第 2 激光源产生的第 2 激光束为形状可变光斑激光束；

[0036] 此处，第 2 激光源产生的第 2 激光束为形状可变光斑激光束，是指：第 2 激光源连接有激光整形器，可以将第 2 激光源产生的激光实时整形为任何形状的激光光斑。

[0037] S2，设计待成形件的三维数据模型，并将所述三维数据模型输入计算机；

[0038] S3，计算机对所述待成形件的三维数据模型进行切片处理，得到与每层切片对应的切片截面信息；

[0039] S4，计算机根据所述第 1 激光源所产生的规则形状光斑激光束的形状和面积，对每个切片所对应的切片截面进行分区处理，将每个切片截面划分为两个区域，分别为规则区域和位于所述规则区域外面的边缘曲线区域；

[0040] 实际应用中，规则形状光斑激光束的光斑形状优选为矩形。

[0041] 则：本步骤中，对切片截面进行分区处理，具体可采用以下方式：

[0042] S4.1，所述规则形状光斑激光束的光斑形状为矩形时，设该矩形的长为  $a$ 、宽为  $b$ ；

[0043] S4.2，所述计算机采用图像分割算法，对所述切片截面的边界线所围成的区域进行图像分割，从而在切片截面边界线内部划分得到闭合梯度曲线；其中，所述闭合梯度曲线由  $m$  个同向排列的  $a*b$  矩形单元组成；此处， $m$  值为切片截面边界线内部能够划分得到的同向排列的  $a*b$  矩形单元的最大数量值；

[0044] 则：所述闭合梯度曲线的内部区域为所述规则区域；所述闭合梯度曲线和所述切片截面边界线之间的区域为所述边缘曲线区域。

[0045] 对切片截面进行分区划分的关键为：由于第 1 激光源产生的规则形状光斑激光束的扫描效率较高，并且，产生规则形状光斑激光束的第 1 激光源的成本较低，因此，需要尽量使规则区域的面积尽可能的大；而由于产生形状可变光斑激光束的设备成本较高，并且，最终得到形状可变光斑激光束的速度要低于得到规则形状光斑激光束的速度，因此，为从整体上提高扫描效率，需要使边缘曲线区域的面积尽可能的小。

[0046] S5，计算机根据目标切片截面的分区结果，控制第 1 激光源产生的第 1 激光束和第 2 激光源产生的第 2 激光束作用于待成型区域的金属粉末，使金属粉末熔化而形成目标切片截面；

[0047] 本步骤具体为：

[0048] S5.1，所述第 1 激光源产生的第 1 激光束为规则形状光斑激光束；所述第 2 激光源

产生的第 2 激光束为形状可变光斑激光束；

[0049] S5.2, 计算机控制所述第 1 激光源产生的规则形状光斑激光束扫描所述目标切片截面的规则区域；

[0050] 同时, 所述计算机根据所述目标切片截面的边缘曲线区域的形状, 对所述第 2 激光源产生的光斑激光束的形状进行自适应改变, 得到与所述边缘曲线区域的形状一致的第 3 光斑激光束, 并使所述第 3 光斑激光束作用于所述边缘曲线区域；

[0051] 即: 计算机控制所述规则形状光斑激光束和所述形状可变光斑激光束并行分区作用于待成型区域的金属粉末, 使金属粉末熔化而形成目标切片截面；

[0052] 此处, 第 1 激光源可采用较快的速度得到规则形状光斑激光束, 然后, 规则形状光斑激光束扫描区域较大的规则区域; 而第 2 激光源采用相对较慢的速度得到与边缘曲线区域形状一致的第 3 光斑激光束, 但第 3 光斑激光束一次性填充面积较小的边缘曲线区域, 因此, 第 1 激光源从开始发出激光束到扫描完成规则区域所采用的时间长度  $T_1$ , 与第 2 激光源从开始发出激光束到扫描完成边缘曲线区域所采用的时间长度  $T_2$  基本相同, 所以, 能够有效提高扫描效率。

[0053] 另外, 由于零件的边缘部分, 通常存在热应力较大的问题, 从而导致零件成形后, 易发生翘边现象。具体的, 以需扫描月牙形状的截面为例, 参考图 3, 为采用传统的点状光斑线性扫描方式时, 所得到的界面图; 从图 3 可以看出, 由于线性光斑单次扫描区域有限, 因此, 在扫描过程中, 必然存在较多的扫描结合界面, 具有扫描效率低、零件热应力较大的不足。参考图 4, 为采用本发明提供的形状可变光斑激光束进行扫描时, 所得到的界面图; 从图 4 可以看出, 本发明得到的形状可变光斑激光束, 能够进行无分割的完整扫描。提高了扫描效率并极大减少了扫描结合界面, 有效地避免了裂纹的产生。

[0054] S6, 然后, 在上述已成形的目标切片截面上表面再铺设一层金属粉末, 重复步骤 S5, 逐层叠加累积成形, 直至完成整个成形过程, 得到成形件。

[0055] 上述过程可概括总结为：

[0056] 本发明采用两种不同光斑形状光束激光器及其相匹配的振镜系统, 两类激光器分别对应两个振镜对其光路进行控制, 振镜并排安装在成形系统的上方。计算机按照切片截面的图形信息, 将切片截面划分为两个区域, 然后, 控制两类激光器同步并行地对每层粉末进行分区域扫描, 两种激光器在各自的区域中进行逐层扫描, 具体扫描方式为: 采用规则光斑形状激光束快速扫描大面积的区域, 而截面的轮廓边缘区域则同时采用形状可变光斑激光束进行扫描成形, 即: 激光束经过一套光斑整形系统随扫描区域的形状而改变光斑形状, 从而一次性扫描遍历填充该区域, 完成区域扫描。最终完成粉末熔化成形。

[0057] 其中, 两类激光束分区域划分方法是: 分别用规则光斑形状激光束和形状可变光斑激光束对截面图形进行平行扫描, 其中, 规则光斑形状激光束负责扫描规则矩形轮廓区域, 而形状可变光斑激光束负责扫描边缘曲线轮廓区域, 不同扫描区域可具有一定的重叠, 达到扫描区域结合的整体性。

[0058] 其中, 所加工零件截面图进行区域划分的具体方法是: 由每个切片截面轮廓包络线图形的最高处向最低处平行做一定长度 (根据激光束光斑长径而定) 的垂直扫描线, 再由水平方向作同样的扫描线, 规则形状扫描线围成的矩形区域为快速扫描区域, 矩形边的延长线与截面轮廓的边缘线围成的有效区域为形状可变光斑激光束扫描区域 1。

[0059] 上述过程为计算机自动识别和划分激光扫描区域过程,截面分区后得到两个区域,两个区域的信息分别输入到两个光路控制系统中,并按照所分区域进行扫描,逐层扫描最后使零件成形。由如此产生的效果是:规则光斑形状激光束快速扫描下能够缩短成形时间,并且半导体激光器作用粉末区域面积较大,形状可变光斑激光束进行扫描成形一次性完成,能够有效避免部分受热区域与周围环境强烈的换热行为,从而减少了零件变形的可能性,完成高质量、高效率的零件成形。

[0060] 实际应用中,第1激光源和第2激光源可同时采用光纤激光器,或者光纤激光器与半导体激光器相配合。两类激光器的激光波长都易于为金属粉末吸收。

[0061] 例如,当第1激光源采用半导体激光器或光纤激光器,其光束投影区域为矩形,长度为10-80mm,宽度为2-8mm,激光束依据规则形状扫描线围成的矩形区域快速大面积扫描。

[0062] 再例如,第1激光源为光纤激光器,激光波长为 $1.06\mu\text{m}$ ;或者,第1激光源为半导体激光器,激光波长为 $400\sim 950\text{nm}$ ,半导体激光器为矩形光斑,矩形宽度可达几厘米。

[0063] 由此可见,本方法的关键技术在于:采用控制程序并行控制两种激光器进行分区扫描,区域的划分方法是依据拓扑学原理,通过计算机软件处理完成,充分将两类激光束的特点相结合,具体的,针对截面的特点,同时采用规则形状光斑扫描正交规则区域,而形状可变光斑扫描零件曲线轮廓边缘区域。

[0064] 本发明的有益效果是:采用两种激光器复合扫描,极大提高了零件成形效率,有效地避免了制造过程中零件翘曲变形和裂纹情况发生。

[0065] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视本发明的保护范围。



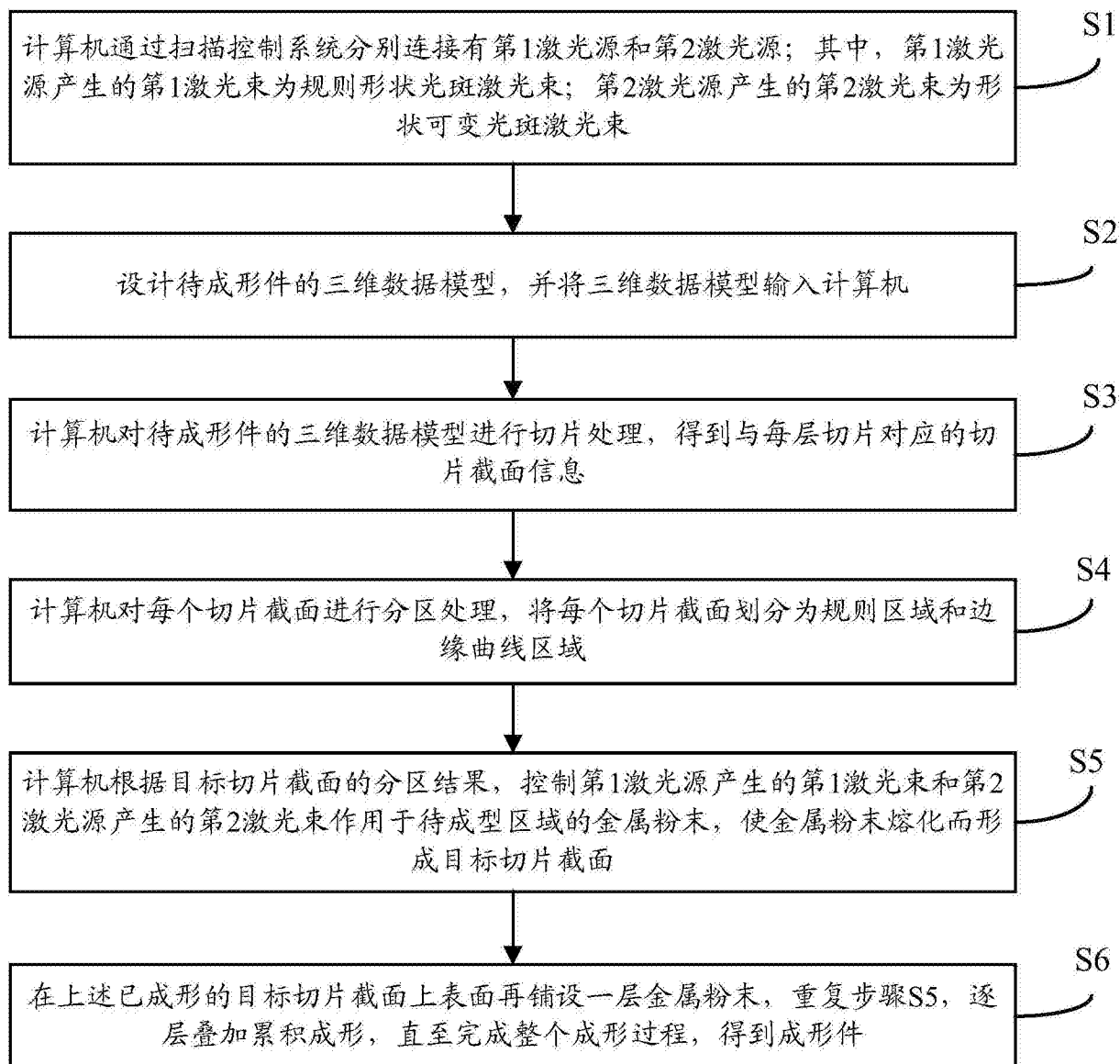


图 1

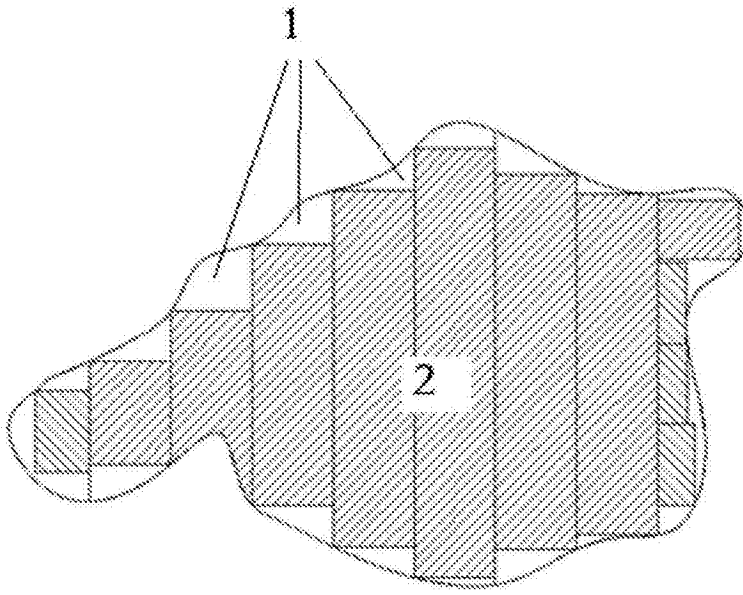


图 2

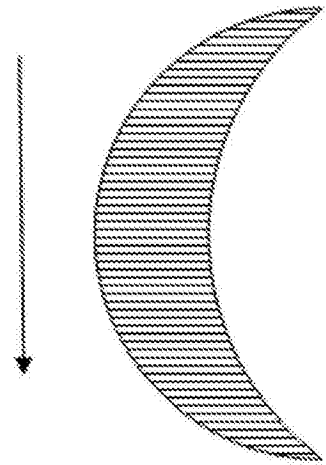


图 3

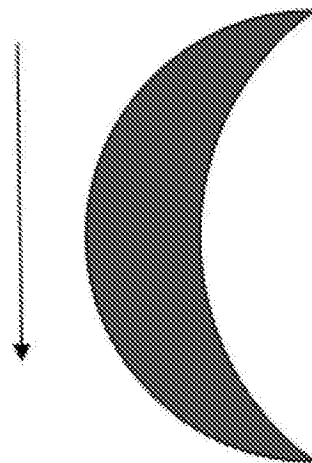


图 4