



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103962556 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 06

(21) 申请号 201410153417. 1

(22) 申请日 2014. 04. 16

(71) 申请人 广州中国科学院先进技术研究所
地址 511458 广东省广州市南沙经济技术开
发区海滨路 1121 号

(72) 发明人 张春雨 任云鹏 郑渚 孙学通
陈贤帅 陈建宇 戚留举

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

代理人 谭英强

(51) Int. Cl.

B22F 3/105(2006. 01)

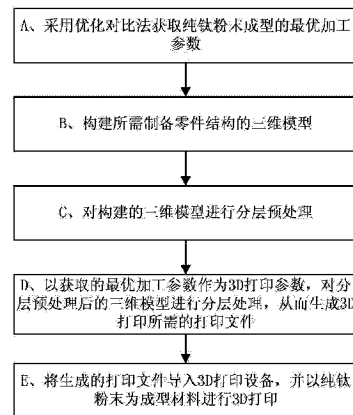
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,包括:A、采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数;B、构建所需制备零件结构的三维模型;C、对构建的三维模型进行分层预处理;D、以获取的最优加工参数作为3D打印参数,对分层预处理后的三维模型进行分层处理,从而生成3D打印所需的打印文件;E、将生成的打印文件导入3D打印设备,并以纯钛粉末为成型材料进行3D打印。本发明基于选区激光熔化技术,可根据实际要求精确制造各种各样结构的金属零件;采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数,能根据实际所需力学性能情况而设定不同的最优加工参数,灵活度高且动态性能好。本发明可广泛应用于自动化控制领域。



1. 一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:包括:
 - A、采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数;
 - B、构建所需制备零件结构的三维模型;
 - C、对构建的三维模型进行分层预处理;
 - D、以获取的最优加工参数作为 3D 打印参数,对分层预处理后的三维模型进行分层处理,从而生成 3D 打印所需的打印文件;
 - E、将生成的打印文件导入 3D 打印设备,并以纯钛粉末为成型材料进行 3D 打印。
2. 根据权利要求 1 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述钛粉末成型的最优加工参数包括最优加工功率、最优扫描速度、最优扫描间距和最优层厚。
3. 根据权利要求 2 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述步骤 A,其包括:
 - A1、构建边长为 10 毫米的正方体模型;
 - A2、根据设定的加工功率节点、扫描速度节点、扫描间距节点、扫描层厚节点和构建的正方体模型进行一一加工,从而得到各个节点相应的零件模型;
 - A3、采用坐标测量仪采集各个节点相应零件模型的表面扫描轨道图像,然后根据采集的图像初步确定纯钛粉末成型的最优加工参数所对应的节点范围;
 - A4、根据阿基米德原理计算初步确定的节点范围内每个节点相应零件模型的密度和致密度,然后根据计算出的密度和致密度确定纯钛粉末成型的最优加工参数。
4. 根据权利要求 3 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述设定的加工功率节点为 50W 功率节点、60W 功率节点、70W 功率节点、80W 功率节点、90W 功率节点和 100W 功率节点。
5. 根据权利要求 4 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述设定的扫描速度节点为 100mm/s 速度节点、200mm/s 速度节点、300mm/s 速度节点、400mm/s 速度节点、500mm/s 速度节点和 600mm/s 速度节点。
6. 根据权利要求 5 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述设定的扫描间距节点为 0.07mm 间距节点、0.10mm 间距节点、0.13mm 间距节点、0.16mm 间距节点、0.19mm 间距节点、0.22mm 间距节点和 0.25mm 间距节点。
7. 根据权利要求 6 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述设定的扫描层厚节点为 0.03 ~ 0.07mm 的层厚节点。
8. 根据权利要求 7 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述步骤 C,其包括:
 - C1、确定打印的方向;
 - C2、在三维模型沿打印方向的底部设置支撑结构,并对支撑结构的高度、分布和疏密程度进行设计。
9. 根据权利要求 8 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征在于:所述步骤 D,其具体为:

以获取的最优加工参数作为 3D 打印参数,沿打印方向按设定的层厚将分层预处理后的三维模型分解为层厚相等的层片,然后将分解的层片数据保存到 SLM 格式的打印文件

中。

10. 根据权利要求 9 所述的一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,其特征
在于:所述步骤 E,其包括:

E1、等待 3D 打印设备预热至工作所需的条件;

E2、将 SLM 格式的打印文件导入 3D 打印设备;

E3、3D 打印设备按照获取的最优加工参数,使用纯钛材料粉末以增材打印的方式进行
3D 打印。

一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法

技术领域

[0001] 本发明涉及自动化控制领域,尤其一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法。

背景技术

[0002] 钛及其合金由于具有优良的力学性能和生物相容性,广泛应用于临床医学骨修复、骨植入和相应加工制造领域。但是,传统的钛及钛合金加工工艺普遍存在影响因素多、流程复杂、内部结构难以精确加工,难以一次净加工成型、难以获得均匀的处理效果等问题。而采用选区激光熔化技术则能够较好地克服上述问题,其具有其它任何一种加工方法都无法比拟的柔性制造特性。然而,目前基于选区激光熔化技术的粉末成型工艺,其加工参数大多为厂商所提供的固定加工参数,灵活度较低且动态性能较差,导致其最终制备的零件难与实际使用环境吻合,严重时甚至会影响零件寿命。

发明内容

[0003] 为了解决上述技术问题,本发明的目的是:提供一种灵活度高和动态性能好的基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,包括:

A、采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数;

B、构建所需制备零件结构的三维模型;

C、对构建的三维模型进行分层预处理;

D、以获取的最优加工参数作为 3D 打印参数,对分层预处理后的三维模型进行分层处理,从而生成 3D 打印所需的打印文件;

E、将生成的打印文件导入 3D 打印设备,并以纯钛粉末为成型材料进行 3D 打印。

[0005] 进一步,所述钛粉末成型的最优加工参数包括最优加工功率、最优扫描速度、最优扫描间距和最优层厚。

[0006] 进一步,所述步骤 A,其包括:

A1、构建边长为 10 毫米的正方体模型;

A2、根据设定的加工功率节点、扫描速度节点、扫描间距节点、扫描层厚节点和构建的正方体模型进行一一加工,从而得到各个节点相应的零件模型;

A3、采用坐标测量仪采集各个节点相应零件模型的表面扫描轨道图像,然后根据采集的图像初步确定纯钛粉末成型的最优加工参数所对应的节点范围;

A4、根据阿基米德原理计算初步确定的节点范围内每个节点相应零件模型的密度和致密度,然后根据计算出的密度和致密度确定纯钛粉末成型的最优加工参数。

[0007] 进一步,所述设定的加工功率节点为 50W 功率节点、60W 功率节点、70W 功率节点、80W 功率节点、90W 功率节点和 100W 功率节点。

[0008] 进一步,所述设定的扫描速度节点为 100mm/s 速度节点、200mm/s 速度节点、300mm/s 速度节点、400mm/s 速度节点、500mm/s 速度节点和 600mm/s 速度节点。

[0009] 进一步,所述设定的扫描间距节点为 0.07mm 间距节点、0.10mm 间距节点、0.13mm 间距节点、0.16mm 间距节点、0.19mm 间距节点、0.22mm 间距节点和 0.25mm 间距节点。

[0010] 进一步,所述设定的扫描层厚节点为 0.03 ~ 0.07mm 的层厚节点。

[0011] 进一步,所述步骤 C,其包括:

C1、确定打印的方向;

C2、在三维模型沿打印方向的底部设置支撑结构,并对支撑结构的高度、分布和疏密程度进行设计。

[0012] 进一步,所述步骤 D,其具体为:

以获取的最优加工参数作为 3D 打印参数,沿打印方向按设定的层厚将分层预处理后的三维模型分解为层厚相等的层片,然后将分解的层片数据保存到 SLM 格式的打印文件中。

[0013] 进一步,所述步骤 E,其包括:

E1、等待 3D 打印设备预热至工作所需的条件;

E2、将 SLM 格式的打印文件导入 3D 打印设备;

E3、3D 打印设备按照获取的最优加工参数,使用纯钛材料粉末以增材打印的方式进行 3D 打印。

[0014] 本发明的有益效果是:基于选区激光熔化技术,可根据实际要求精确制造各种各样结构的金属零件;采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数,能根据实际所需力学性能情况而设定不同的最优加工参数,灵活度高且动态性能好。

附图说明

[0015] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0016] 图 1 为本发明一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法的步骤流程图;

图 2 为本发明步骤 A 的流程图;

图 3 为本发明步骤 C 的流程图;

图 4 为本发明步骤 E 的流程图。

具体实施方式

[0017] 参照图 1,一种基于选区激光熔化技术的纯钛粉末成型方法,包括:

A、采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数;

B、构建所需制备零件结构的三维模型;

C、对构建的三维模型进行分层预处理;

D、以获取的最优加工参数作为 3D 打印参数,对分层预处理后的三维模型进行分层处理,从而生成 3D 打印所需的打印文件;

E、将生成的打印文件导入 3D 打印设备,并以纯钛粉末为成型材料进行 3D 打印。

[0018] 其中,优化对比法是指,对加工成型影响因素如功率、扫描速度、扫描间距和层厚等进行优化对比。以功率为例,在进行优化对比时,会先设定不同的功率,然后按照设定的

功率一一加工出对应的零件,接着对加工出的零件进行一一性能比对,最后根据比对的结果获取最优加工功率。

[0019] 本发明的纯钛粉采用 ASTM 标准二级纯钛粉,其粉末为球状颗粒。

[0020] 3D 打印设备采用德国 SLM Solutions Gmbh 公司生产的型号为 SLM-125HL 的 YLR-100-WC 光纤选择性激光熔化设备,其支持 SLM 格式的文件。

[0021] 对分层预处理后的三维模型进行分层处理,所采用的软件为 3D 打印设备自带的 SLM AutoFab64 1.8 软件。

[0022] 进一步作为优选的实施方式,所述钛粉末成型的最优加工参数包括最优加工功率、最优扫描速度、最优扫描间距和最优层厚。

[0023] 参照图 2,进一步优选的实施方式,所述步骤 A,其包括:

A1、构建边长为 10 毫米的正方体模型;

A2、根据设定的加工功率节点、扫描速度节点、扫描间距节点、扫描层厚节点和构建的正方体模型进行一一加工,从而得到各个节点相应的零件模型;

A3、采用坐标测量仪采集各个节点相应零件模型的表面扫描轨道图像,然后根据采集的图像初步确定纯钛粉末成型的最优加工参数所对应的节点范围;

A4、根据阿基米德原理计算初步确定的节点范围内每个节点相应零件模型的密度和致密度,然后根据计算出的密度和致密度确定纯钛粉末成型的最优加工参数。

[0024] 其中,构建边长为 10 毫米的正方体模型,是为了使各个进行优化对比的对象具有更好的可对比性。

[0025] 表面扫描轨道,是指激光进行行列扫描所形成的熔池熔道。

[0026] 密度,是指实际零件的宏观密度。

[0027] 设定的加工功率节点、扫描速度节点、扫描间距节点和扫描层厚节点均为两个或两个以上的节点。

[0028] 根据先验知识,纯钛粉末成型的最优加工参数所对应的致密度一般在 95% 以上。

[0029] 进一步作为优选的实施方式,所述设定的加工功率节点为 50W。

[0030] 功率节点、60W 功率节点、70W 功率节点、80W 功率节点、90W 功率节点和 100W 功率节点。

[0031] 进一步作为优选的实施方式,所述设定的扫描速度节点为 100mm/s 速度节点、200mm/s 速度节点、300mm/s 速度节点、400mm/s 速度节点、500mm/s 速度节点和 600mm/s 速度节点。

[0032] 进一步作为优选的实施方式,所述设定的扫描间距节点为 0.07mm 间距节点、0.10mm 间距节点、0.13mm 间距节点、0.16mm 间距节点、0.19mm 间距节点、0.22mm 间距节点和 0.25mm 间距节点。

[0033] 进一步作为优选的实施方式,所述设定的扫描层厚节点为 0.03 ~ 0.07mm 的层厚节点。

[0034] 参照图 3,进一步作为优选的实施方式,所述步骤 C,其包括:

C1、确定打印的方向;

C2、在三维模型沿打印方向的底部设置支撑结构,并对支撑结构的高度、分布和疏密程度进行设计。

[0035] 其中,支撑结构,用于零件与 3D 打印设备基板的连接和加工过程中的散热,并方便零件与基板的分离。

[0036] 进一步作为优选的实施方式,所述步骤 D,其具体为:

以获取的最优加工参数作为 3D 打印参数,沿打印方向按设定的层厚将分层预处理后的三维模型分解为层厚相等的层片,然后将分解的层片数据保存到 SLM 格式的打印文件中。

[0037] 参照图 4,进一步作为优选的实施方式,所述步骤 E,其包括:

E1、等待 3D 打印设备预热至工作所需的条件;

E2、将 SLM 格式的打印文件导入 3D 打印设备;

E3、3D 打印设备按照获取的最优加工参数,使用纯钛材料粉末以增材打印的方式进行 3D 打印。

[0038] 其中,工作所需的条件是指,3D 打印设备的基台温度为 0-200℃,加工舱内氧气含量低于 0.2%。在 3D 打印设备预热前还需先通入 99.999% 的纯氩气作为保护气体。

[0039] 下面结合具体实施例对本发明作进一步详细说明。

[0040] 实施例一

本实施例对本发明用于制备纯钛多孔结构零件的过程进行介绍。

[0041] 本发明采用了德国 SLM Solutions Gmbh 公司生产的型号为 SLM-125HL 的 3D 打印设备,而使用的配套软件是该 3D 打印设备自带的 SLM AutoFab MCS1.1 或 SLM AutoFab64 1.8 软件。

[0042] 本发明用于制备纯钛多孔结构零件的过程,包括:

S1、在计算机中建立所需制备的多孔结构的三维模型。

[0043] 根据所需制备零件的实际结构,使用 solidworks、UG、ProE 等工程制图软件,设计和建立实际多孔结构的三维模型,并将其保存为 STL 格式。其中,三维模型的参数以多孔结构的实际参数为准,包括外在整体的形状、尺寸,内部结构形状、多边形边长和壁厚等。

[0044] S2、对建立的三维模型进行分层预处理。

[0045] 进行的分层预处理包括:确定打印方向,然后沿打印方向在三维模型的底部设置支撑结构,并根据实际情况对支撑结构的高度、分布和疏密程度进行设计。

[0046] S3、设置 3D 打印参数,对三维模型进行分层处理,然后保存并导出 SLM 格式的文件。

[0047] 其中,3D 打印参数包括零件的摆放位置、摆放方式以及激光的扫描方式、扫描速度、功率等。

[0048] 对三维模型进行分层处理,即将三维模型沿打印方向分解成多个层厚相等的三维结构:使用 SLM AutoFab64 1.8 软件,沿着打印方向将该三维模型分割成若干层厚相等的层片,一般层厚为 30 ~ 70 μ m,需根据 3D 打印设备中使用的纯钛材料粉末的粒度而具体设定。

[0049] 最后,保存并以 SLM 格式导出,所述 SLM 格式为 3D 打印设备可识别的文件格式。

[0050] S4、将导出的 SLM 格式文件导入 3D 打印设备,进行 3D 打印。

[0051] 在本实施例中,使用了德国 SLM Solutions Gmbh 公司生产的型号为 SLM-125HL 的 3D 打印设备进行零件加工。

[0052] 实施例二

本实施例对采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数的具体过程进行介绍。

[0053] 本发明先构建统一结构的立方体模型结构, 然后根据不同变化加工参数所产生的显著技术效果进行对比和计算。

[0054] 进行对比观察和计算时, 本发明采用坐标测量仪 Quick View 200 观察模型的表面扫描轨道, 通过将构建的立方模型进行加工, 去除支撑结构和磨平底面后的零件置于坐标测量仪的平台上, 并选取放大倍数 1.5 ~ 2 倍, 以清晰全面地观察表面熔道状态。

[0055] 本发明根据不同变化加工参数所产生的显著技术效果进行对比包括:

a. 功率

在其它加工参数默认的状态下, 本发明分别选取功率 50W、60W、70W、80W、90W 和 100W 作为功率节点, 分别进行加工制造, 并在最终成型后取件测试, 从而获得其性能对比表, 如下表 1 所示。同时采用坐标测量仪 Quick View 200 观察的模型表面扫描轨道。由表 1 和观察的结果可知, 扫描功率为 50W、60W 时, 激光扫描路径未形成轨道(致密度小于 95%), 表面球形化现象很严重, 此时, 激光能量输入不够, 导致粉末扫描范围内的粉末不能完全熔化, 因此该模型的成型需要更高的激光功率。当扫描功率为 70W 时具有形成轨道的雏形(致密度等于 95%), 而扫描功率为 80W、90W、100W 时都已形成完整的轨道(致密度大于 95%), 因此最优扫描功率应为 70W-100W。

[0056] 表 1 不同功率下成型零件的性能对比

名称	质量 (g)	密度(g/cm ³)	致密度(%)
50W	3.92	3.86	85.7
60W	4.22	4.11	91.1
70W	4.39	4.28	95
80W	4.46	4.36	96.6
90W	4.50	4.40	97.6
100W	4.50	4.38	97.1

b. 功率

在其它参数默认的状态下, 本发明分别选取扫描速度 100mm/s、200mm/s、300mm/s、400mm/s、500mm/s 和 600mm/s 作为扫描速度节点分别进行加工制造, 并在最终成型后取件测试, 从而获得其性能对比表, 如下表 2 所示。同时采用坐标测量仪 Quick View 200 观察的模型表面扫描轨道。由表 2 和观察的结果可知, 当扫描速度在 400mm/s 时候, 零件表面会出现大量缺陷(其致密度小于 95%), 此类缺陷将会严重影响零件成型质量, 因此最优扫描速度应不大于 400mm/s。

[0057] 表 2 不同扫描速度下成型零件的性能对比

速度(mm/s)	质量(g)	相对密度	致密度(%)
100	4.59	4.44	98.5
200	4.47	4.39	97.3
300	4.47	4.36	96.6
400	4.27	4.26	94.4
500	4.24	4.23	93.7
600	4.04	4.06	89.9

c. 扫描间距

在其它参数默认的状态下，本发明分别选取扫描间距为 0.07mm、0.1mm、0.13mm、0.16mm、0.19mm、0.22mm 和 0.22mm 作为扫描间距节点进行优化对比，分别进行加工制造，并在最终成型后取件测试，从而获得其性能对比表，如下表 3 所示。同时采用坐标测量仪 Quick View 200 观察的模型表面扫描轨道。由表 3 和观察的结果可知，扫描间距为 70 μm 、100 μm 、130 μm 和 160 μm 时，加工出来的零件表面较平整、沟痕较浅、表面较清晰，不同激光熔区相互搭接较好(致密度大于 95%)；扫描间距大于 160 μm 后，加工出来的零件表面平整度逐渐下降，沟痕逐渐加深，球化现象逐渐严重，在激光熔区出现未熔化现象(致密度小于 95%)。因此，适合加工纯钛加工的激光最优扫描间距应不超过 160 μm 。

[0058] 表 3 不同扫描间距下成型零件的性能对比

扫描间距(μm)	质量(g)	密度(g/cm^3)	致密度(%)
70	4.63	4.43	98.2
100	4.60	4.36	96.6
130	4.58	4.38	97
160	4.54	4.34	96.3
190	4.46	4.30	95.4
220	4.39	4.25	94.2
250	4.21	4.14	91.7

d. 扫描层厚

实际的研究表明，扫描层厚增大可提高加工效率，但是却会影响加工质量，因此需要同时对其他参数(如功率、扫描速度、扫描间距等)作出相应的调整，以得到表面质量较好和性能良好零件。本实施例选取扫描速度作为相应调整的参数，对扫描层厚进行优化对比。

[0059] 在其它参数默认的状态下，本发明分别选取扫描层厚为 0.03mm 和 0.07 mm 作为扫描间距节点，同时还分别选取 175mm/s、275mm/s、375mm/s 和 400mm/s 的扫描速度进行加工制造，并在最终成型后取件测试进行对比。同时采用坐标测量仪 Quick View 200 观察的模型表面扫描轨道。从观察的扫描平面来看：扫描层厚为 0.03mm 时，在扫描速度分别为

175mm/s、275mm/s、375mm/s 处的加工出来的零件表面轨道熔池较为平整,缺陷较少,加工效果较为理想;当扫描速度调整为 400mm/s 时,加工出来的零件表面出现较为明显的球化缺陷,表明此时的能量密度(能量密度=功率/(扫描层厚×扫描速度×扫描间距))较低,加工效果较差,因此可以推断出对于扫描层厚为 0.03mm 的纯钛粉末来说,其加工扫描速度不应超过 400mm/s,同理也可推断出扫描层厚为 0.07mm 的纯钛粉末,其加工扫描速度不应超过 375mm/s。

[0060] 综上所述,对于纯钛粉末来说,适合其加工的参数(即最优加工参数)为:扫描层厚为 0.03~0.07mm,扫描速度不超过 400mm/s,扫描间距不大于 0.16mm/s,功率可选择区间为 70W~100W。在实际加工中还需根据零件所需要的使用环境,在最优加工参数内选择具体的加工参数。

[0061] 与现有技术相比,本发明基于选区激光熔化技术,可根据实际要求精确制造各种各样结构的金属零件;采用优化对比法获取纯钛粉末成型的最优加工参数,能根据实际所需力学性能情况而设定不同的最优加工参数,灵活度高且动态性能好。

[0062] 以上是对本发明的较佳实施进行了具体说明,但本发明创造并不限于所述实施例,熟悉本领域的技术人员在不违背本发明精神的前提下还可做作出种种的等同变形或替换,这些等同的变形或替换均包含在本申请权利要求所限定的范围内。

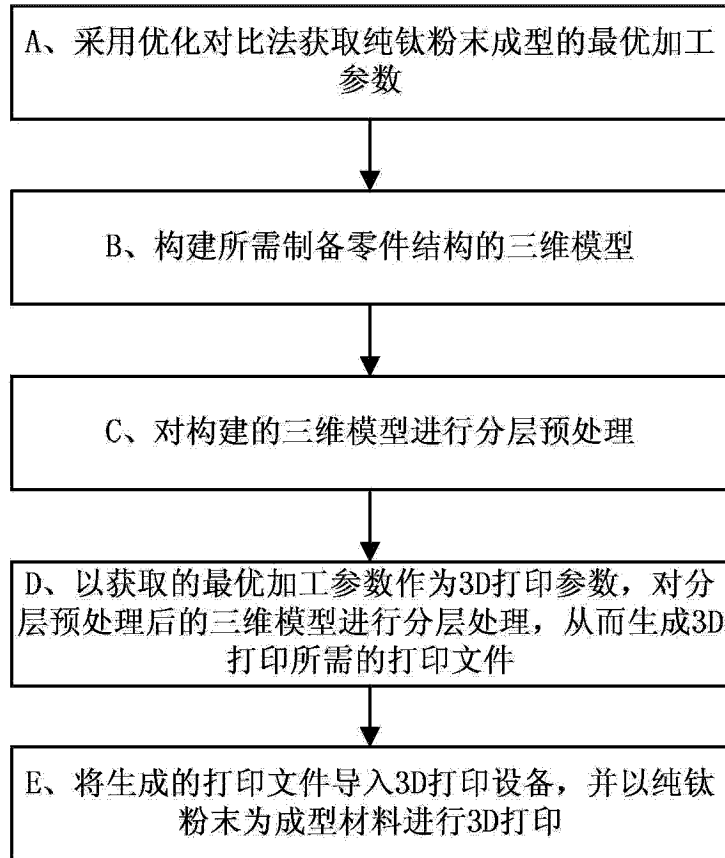


图 1

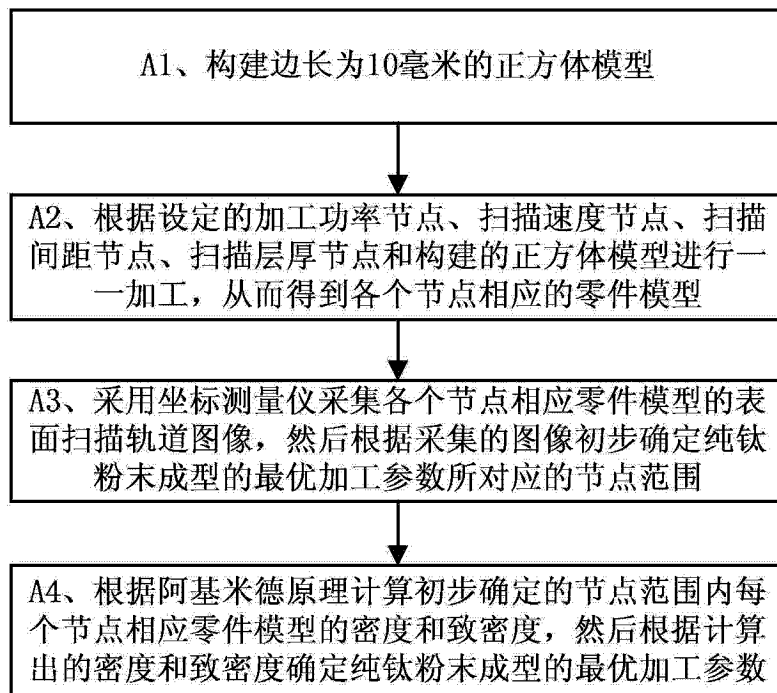


图 2

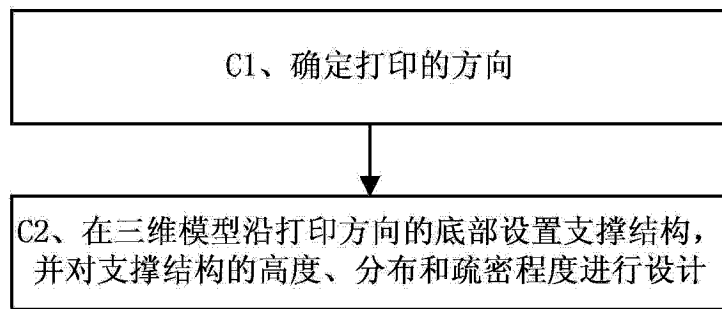


图 3

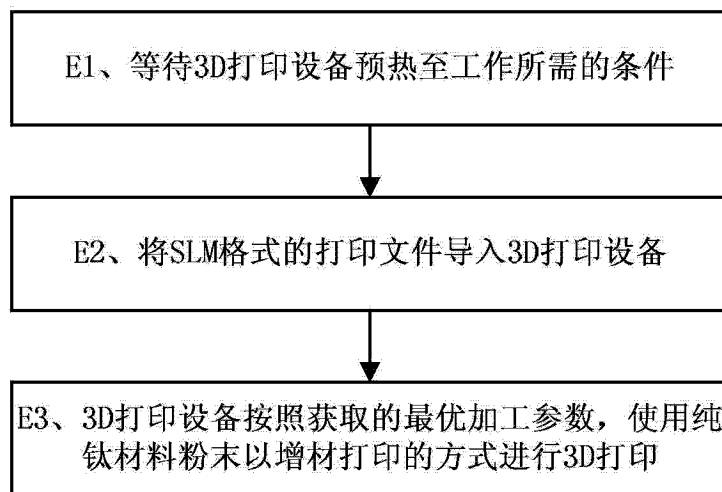


图 4