



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114247898 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 29

(21) 申请号 202111636324.0

B33Y 80/00 (2015.01)

(22) 申请日 2021.12.29

(71) 申请人 中国科学院重庆绿色智能技术研究院

地址 400714 重庆市北碚区方正大道266号

申请人 重庆大学

(72) 发明人 吴文杰 张祺 范树迁 刘基权  
马红林 魏文侯 王林志

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 李弱萱

(51) Int. Cl.

B22F 10/28 (2021.01)

B22F 10/31 (2021.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

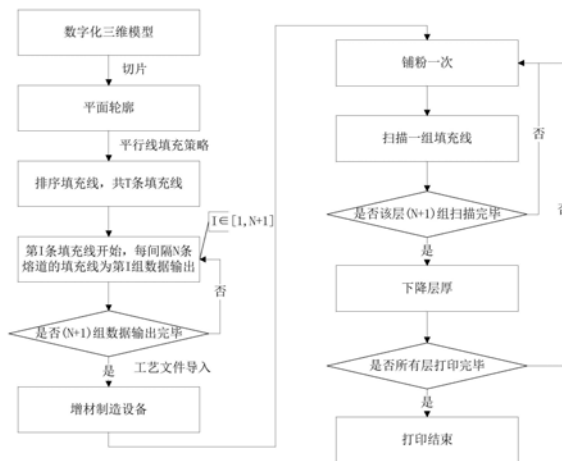
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法

(57) 摘要

本发明涉及一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,属于增材制造技术领域。通过控制单层铺粉次数与填充线扫描顺序,实现打印过程减小薄壁件残余应力的效果。使用切片软件对三维模型切片分层生成轮廓,再将轮廓横截面的填充线排序,并将每间隔N条熔道的填充线分为一组,打印时每层多次铺粉,每次铺粉后仅扫描一组填充线。通过填充线分组扫描与多次铺粉为每条熔道提供充足的金属粉末量,以减少相邻填充线在熔化过程中对熔道周围粉末的争夺,从而减小选区激光熔化成形薄壁件的残余应力。本发明可有效控制成形过程由于残余应力导致薄壁件翘曲、变形问题,从而提高选区激光熔化成形薄壁件的成形率。



1. 一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1将待成形薄壁零件的数字模型切片分层生成轮廓横截面,并以平行的填充线填充该轮廓横截面;

S2对每一层所有填充线排序编号,将每间隔N条熔道的填充线分为一组,依据此规则将每一层填充线分为N+1组填充线,逐层导出每层N+1组填充线至工艺文件,并将工艺文件导入增材制造设备打印;

S3每层打印时多次铺粉,单次铺粉后仅扫描其中一组填充线,完成该组填充线扫描后再次铺粉扫描其他组填充线,直至该层N+1组填充线全部完成扫描,然后基板下降一层厚度;

S4重复步骤S3以完成零件所有层打印。

2. 根据权利要求1所述的原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,其特征在于:在步骤S2中,每一层填充线导出至工艺文件时,将一组所有的填充线导出完毕后再导出另一组填充线,直至该层N+1组填充线导出完毕,N+1组填充线以任意顺序导出。

3. 根据权利要求2所述的原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,其特征在于:在步骤S3中,每层打印时,组填充线扫描顺序与该层组填充线导出的顺序相同,扫描每组填充线时均采用相同的工艺参数。

4. 根据权利要求1所述的原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,其特征在于:步骤S2中,分组填充线时,间隔的熔道数N取值范围为 $0 < N < 5$ 。

5. 根据权利要求2所述的原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,其特征在于:步骤S3中,每层铺粉次数为N+1。

6. 根据权利要求1所述的原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,其特征在于:步骤S3中的工艺条件为每层铺粉厚度0.01~0.1mm,激光功率100~1000W,扫描速度200~2000mm/s,扫描间距0.02~0.2mm。

## 一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于增材制造技术领域,涉及一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法。

### 背景技术

[0002] 选区激光熔化(Selective Laser Melting,SLM)增材制造技术是一种金属快速成形方法,是基于“离散-堆积”的原理,首先在计算机上设计零件三维模型,使用切片软件对三维模型进行切片分层并设置填充策略,软件将工艺数据导出到工艺文件,增材制造设备通过解析工艺文件中的扫描路径控制激光束选择性地熔化各层金属粉末材料,逐层堆积为高性能、高致密度的三维零件。

[0003] SLM技术具有加工周期短、可加工任意复杂形状结构的金属零件等优点,能制造出传统工艺不能生产的复杂薄壁件,并且无需后处理,可广泛应用于航空航天领域。但SLM成形过程中极易产生残余应力,导致零件发生翘曲、变形以及开裂等缺陷,极大地造成SLM成形的失败率,严重限制了SLM技术的发展。

[0004] 现有减小选区激光熔化成形薄壁件残余应力主要方法又热处理成形件、重熔、添加支撑等,但仍无法解决薄壁零件制造过程中由于存在残余应力而导致的翘曲、变形、开裂等问题。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,通过原位减小选区激光熔化制造薄壁件过程中的残余应力,控制打印过程中的翘曲、变形等行为,提高薄壁件成形率。

[0006] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0007] 一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,包括以下步骤:

[0008] S1将待成形薄壁零件的数字模型切片分层生成轮廓横截面,并以平行的填充线填充该轮廓横截面;

[0009] S2对每一层所有填充线排序编号,将每间隔N条熔道的填充线分为一组,依据此规则将每一层填充线分为N+1组填充线,逐层导出每层N+1组填充线至工艺文件,并将工艺文件导入增材制造设备打印;

[0010] S3每层打印时多次铺粉,单次铺粉后仅扫描其中一组填充线,完成该组填充线扫描后再次铺粉扫描其他组填充线,直至该层N+1组填充线全部完成扫描,然后基板下降一层厚度;

[0011] S4重复步骤S3以完成零件所有层打印。

[0012] 可选的,在步骤S2中,每一层填充线导出至工艺文件时,将一组所有的填充线导出完毕后再导出另一组填充线,直至该层N+1组填充线导出完毕,N+1组填充线以任意顺序导出。

[0013] 可选的,在步骤S3中,每层打印时,组填充线扫描顺序与该层组填充线导出的顺序相同,扫描每组填充线时均采用相同的工艺参数。

[0014] 可选的,步骤S2中,分组填充线时,间隔的熔道数N取值范围为 $0 < N < 5$ 。

[0015] 可选的,步骤S3中,每层铺粉次数为N+1。

[0016] 可选的,步骤S3中的工艺条件为每层铺粉厚度0.01~0.1mm,激光功率100~1000W,扫描速度200~2000mm/s,扫描间距0.02~0.2mm。

[0017] 本发明的有益效果在于:

[0018] 本发明主要使用切片软件对三维模型切片分层生成轮廓,再将轮廓横截面的填充线排序,并将每间隔N条熔道的填充线分为一组,打印时每层多次铺粉,每次铺粉后仅扫描一组填充线,直至该层N+1组填充线全完成扫描。通过分组扫描填充线与多次铺粉为每条熔道提供充足的粉末量,减少相邻填充线在熔化过程中对熔道周围粉末的争夺,从而减小选区激光熔化成形薄壁件的残余应力,提高选区激光熔化成形薄壁件成功率。

[0019] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述,并且在某种程度上,基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的,或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书来实现和获得。

## 附图说明

[0020] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作优选的详细描述,其中:

[0021] 图1为本发明所述方法的流程图;

[0022] 图2为使用常规方法打印的钛合金薄壁件;

[0023] 图3为使用本方法且间隔熔道数 $N=1$ 条件下所打印的钛合金薄壁件。

## 具体实施方式

[0024] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0025] 其中,附图仅用于示例性说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本发明的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0026] 本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本发明的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此附图中描述

位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0027] 请参阅图1,本发明公开了一种原位降低薄壁件残余应力的选区激光熔化成形方法,图2是采用常规扫描顺序打印的钛合金薄壁件示意图,图中薄壁件除厚度以外其他工艺参数(功率180W,扫描速度250mm/s,间距0.1mm,层厚0.06mm)均相同,薄壁件A1、A2与A3的厚度分别为0.8mm、0.6mm、0.4mm,薄壁件采用平行线填充策略,沿薄壁件长度方向扫描,相邻填充线的扫描方向相反即180度夹角),发现三件不同厚度薄壁件在采用传统扫描方式打印时都出现翘曲变形,其中A1、A2、A3的翘曲高度分别为1.5mm、1.1mm、0.7mm,薄壁件A1翘曲最为严重,极大影响打印过程中粉末的正常铺展,继续打印会导致刮刀损坏。

[0028] 采用本发明方法打印三组不同厚度(0.4mm、0.6mm与0.8mm)钛合金薄壁件步骤如下:

[0029] (1) 工艺参数准备。使用切片软件AdditiveManufacture分层(层厚0.06mm)切片三维模型,采用平行线填充策略(又称Meander)填充平面轮廓(线间距0.1mm),分别对每层填充线进行排序,扫描填充线总数为T(薄壁件厚度分别为0.4、0.6、0.8mm时,填充线总数T分别为4,6,8),设置每间隔N=1条熔道扫描,扫描速度为250mm/s,激光功率180W,沿薄壁件长度方向扫描,相邻填充线扫描方向相反。逐层将每组填充线导出到工艺文件时,先依次导出序号 $1+2\times i$ (即1、3、5、7)的第一组填充线,再导出序号为 $2+2\times i$ (即2、4、6、8)的第二组填充线,设备打印时,每层组填充线的扫描顺序与该层组填充线的导出顺序相同;

[0030] (2) 将工艺文件导入增材制造设备,铺一层金属粉末,根据工艺文件中的路径信息,先扫描序号为 $1+2\times i$ 的一组填充线,完成扫描后再铺一层金属粉末,再扫描序号为 $2+2\times i$ 的一组填充线,完成一层扫描任务,工作台下降一层;

[0031] (3) 重复步骤(2)直到模型完成打印。每层铺粉多次并且填充线分组扫描可保证每条填充线在熔化时的粉末量尽量一致,减小对熔道周围粉末争夺,从而减小成形过程中的残余应力

[0032] 打印结果如图3所示,第一组TC4薄壁件的厚度都是0.4mm,第二组TC4薄壁件的厚度均为0.6mm,两组TC4薄壁件在使用本发明方法打印时,均未出现翘曲变形问题。第三组厚度为0.8mm的三根薄壁件都发生轻微翘曲变形,最大翘曲变形量为0.5mm,但使用本发明方法后,其翘曲变形程度比图1中相同厚度的TC4薄壁件A1减小1mm,减小幅度高达66.7%。此外,A3、A2与A1相对致密度分别仅为87.9%、91.0%、92.7%,而与其厚度相对应的第一、二与三组TC4薄壁件的平均相对致密度分别为91.1%、94.1%、93.4%,通过本发明所打印第一、二与三组TC4钛合金薄壁件的致密度也都有显著提升。

[0033] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

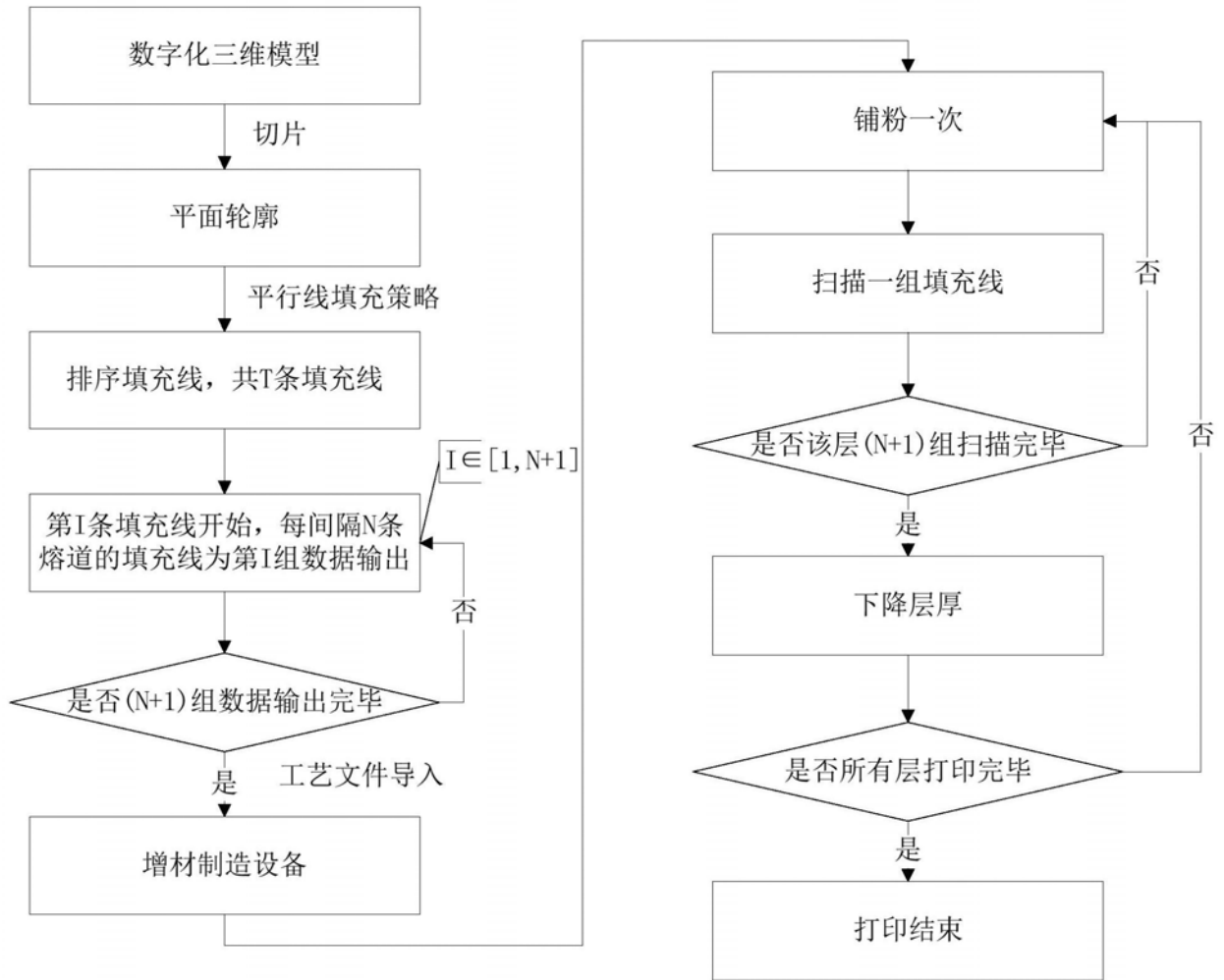


图1

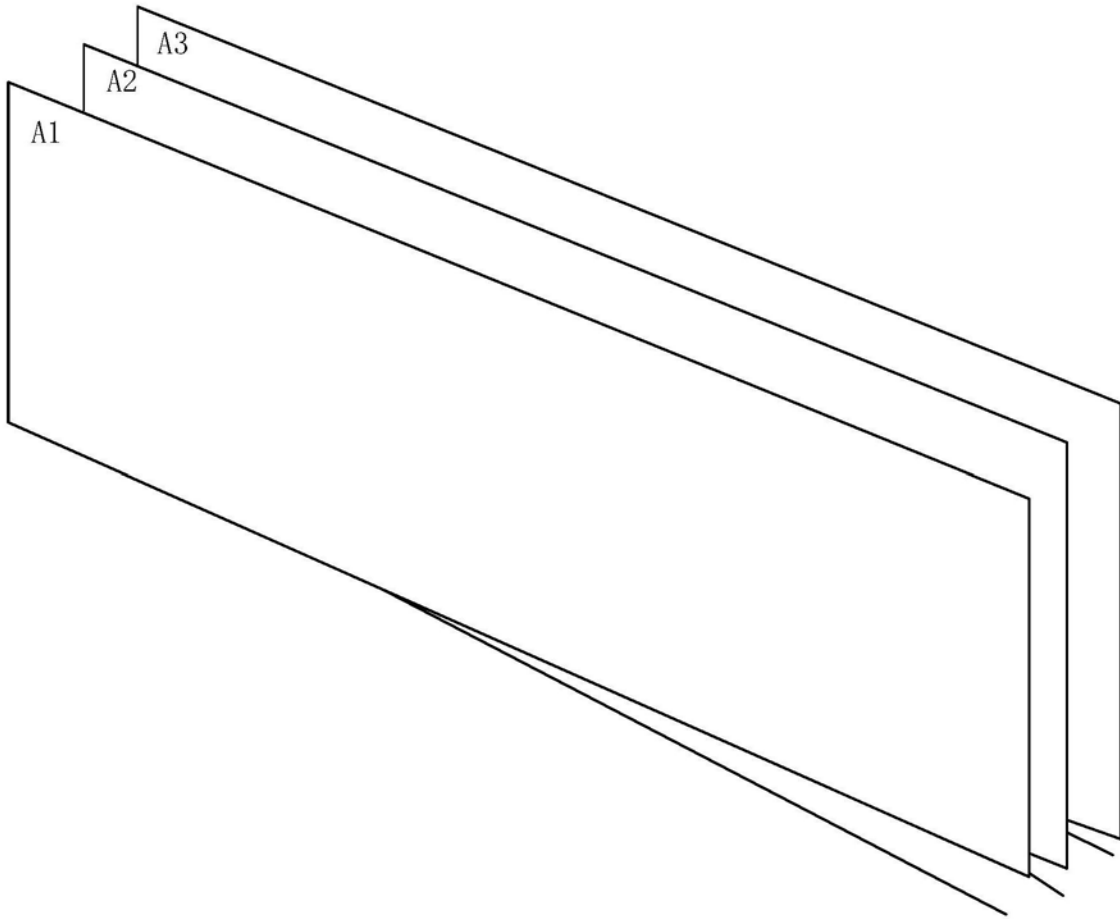


图2

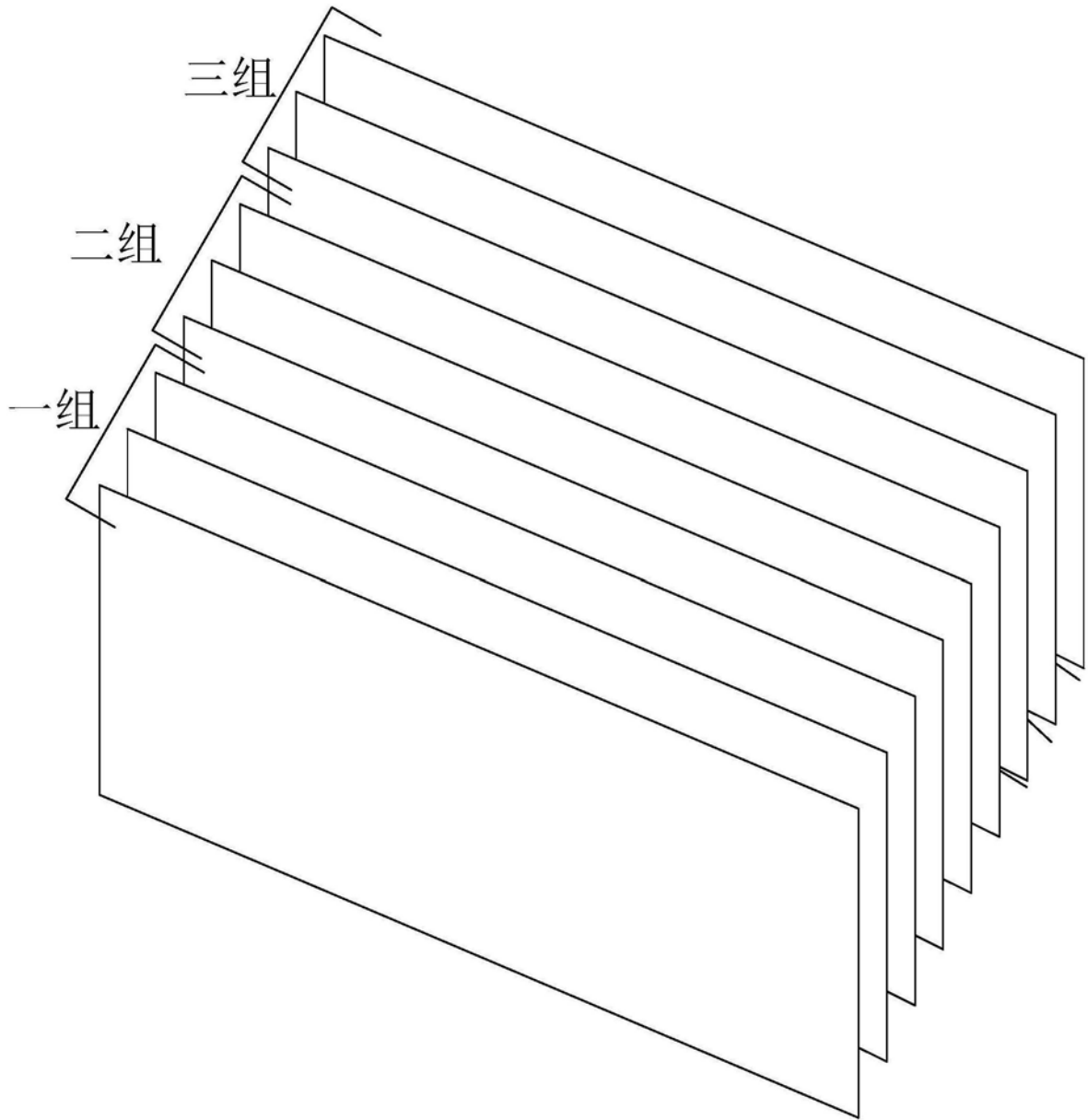


图3