

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2022 年 5 月 19 日 (19.05.2022)



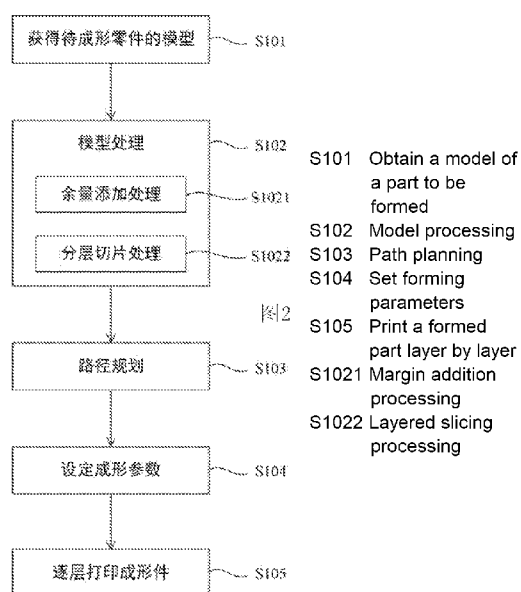
(10) 国际公布号  
**WO 2022/100396 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*B22F 3/105* (2006.01) *B33Y 80/00* (2015.01)  
*B23K 26/70* (2014.01) *B23K 26/342* (2014.01)  
*B33Y 10/00* (2015.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/125357
- (22) 国际申请日: 2021 年 10 月 21 日 (21.10.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
202011251938.2 2020 年 11 月 11 日 (11.11.2020) CN
- (71) 申请人: 中国航发上海商用航空发动机制造有限责任公司(AECC SHANGHAI COMMERCIAL AIRCRAFT ENGINE MANUFACTURING CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区泥城镇鸿音路 77 号, Shanghai 201306 (CN)。中国航发商用航空发动机有限责任公司(AECC COMMERCIAL AIRCRAFT ENGINE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市闵行区莲花南路 3998 号, Shanghai 200241 (CN)。

- (72) 发明人: 付俊(FU, Jun); 中国上海市闵行区莲花南路 3998 号, Shanghai 200241 (CN)。雷力明(LEI, Liming); 中国上海市闵行区莲花南路 3998 号, Shanghai 200241 (CN)。周新民(ZHOU, Xinmin); 中国上海市闵行区莲花南路 3998 号, Shanghai 200241 (CN)。付鑫(FU, Xin); 中国上海市闵行区莲花南路 3998 号, Shanghai 200241 (CN)。闫雪(YAN, Xue); 中国上海市闵行区莲花南路 3998 号, Shanghai 200241 (CN)。
- (74) 代理人: 上海专利商标事务所有限公司(SHANGHAI PATENT & TRADEMARK LAW OFFICE, LLC); 中国上海市桂平路 435 号, Shanghai 200233 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: FORMED PART HAVING INCLINED SURFACE AND FORMING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 带倾斜面的成形件及其成形方法



(57) Abstract: A forming method for a formed part having an inclined surface and the formed part having an inclined surface. The forming method comprises: obtaining a model of a part to be formed; performing layered slicing processing on the model to form a plurality of formed layers (2a); planning a scanning path for each formed layer (2a), wherein there are a suspended area (20a) and a non-suspended area (21a) in each of the plurality of formed layers that constitute the inclined surface (10), a frame scanning path (12) is composed of a first path (121) and a second path (122), the first path (121) corresponds to the non-suspended area (21a), and the second path (122) corresponds to the suspended area (20a); setting preparation process parameters for the first path (121) and the second path (122) according to the size of an inclination angle; and printing layer by layer according to the set preparation process parameters. The energy density in the preparation process parameters for the first path (121) is less than the energy density in the preparation process parameters for the second path (122). The forming method can ensure that the inclination angle of the inclined surface can be effectively formed.

ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,  
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,  
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种带倾斜面成形件的成形方法及一种带倾斜面的成形件。其中, 成形方法包括: 获得待成形零件的模型; 对模型分层切片处理成为若干成形层(2a); 对每一成形层(2a)进行扫描路径规划。其中, 对于构成倾斜面(10)的多个成形层中具有悬空区域(20a)以及非悬空区域(21a), 边框扫描路径(12)由第一路径(121)以及第二路径(122)组成, 第一路径(121)对应非悬空区域(21a), 第二路径(122)对应悬空区域(20a)。根据倾角大小对第一路径(121)、第二路径(122)设定制备工艺参数, 并根据已设定的制备工艺参数逐层打印。其中, 第一路径(121)制备工艺参数中的能量密度小于第二路径(122)制备工艺参数中的能量密度。通过本成形方法能够确保倾斜面的倾斜角度能够有效成形。

## 带倾斜面的成形件及其成形方法

### 技术领域

本发明涉及一种增材制造技术，尤其涉及一种带倾斜面的成形件及其成形方法。

### 背景技术

增材制造（Additive Manufacturing，AM）技术作为一种新兴制造技术近年来发展迅猛，激光熔化沉积（Laser Melting Deposition，LMD）技术是在快速原型制造（Rapid Prototyping，RP）基础上发展起来的一种先进的直接能量沉积增材制造技术，与传统的锻造-机械加工成形技术相比，具有：（1）材料利用率高，机加工量小；（2）生产过程工序少，工艺简单，具有较高的柔性和快速反应能力；（3）成形过程无需模具、生产制造成本低，周期短的工艺特点，能极大的满足高熔点、难加工、价格昂贵的金属材料的低成本制造，广泛应用于航空航天、汽车、船舶等领域。

基于增材制造离散-堆积的技术原理，零件在倾斜结构位置需通过添加支撑才能实现逐层堆积，最终实现零件成形，这就限制了增材制造技术在复杂零件上的进一步应用。如激光熔化沉积等同轴送粉/送丝的激光熔化沉积技术也不例外，通过逐层累积近净成形零件。其在对具有倾斜面结构进行成形时，在分层切片后会产生没有支撑的悬空结构，因此，针对具有倾斜结构的零件，在倾斜结构下方无粉末、实体结构等支撑，若依靠自身逐层堆积的特点直接成形，仅能成形较小的倾斜角度，一般与沉积方向的倾斜角度不超过 $30^{\circ}$ ，若想成形具有更大倾斜角的倾斜结构，则需通过添加支撑等方式成形。

如公开号为CN106475561A，名称为“一种适用于倾斜悬垂薄壁结构的辅助支撑结构”的中国发明专利申请文件中公开了一种适用于倾斜悬垂薄壁结构的辅助支撑结构，其在悬垂端和成形基板间采用网格支撑，在悬垂薄壁结构背面采用薄片式实体支撑，且网格支撑与实体支撑固连形成整体；可避免悬垂部位出现翘曲变形及层间错位等缺陷。

然而添加上述支撑不仅增加了支撑添加和设计的模型处理时间，实体支撑的设计也会增加零件增材制造成形过程的时间成本。成形后支撑还需通过机加工的

方式去除，造成了材料的极大浪费，零件加工的时间和成本也随之增加。

现有技术已有关于通过调节成形参数来获得具有倾斜面成形件的研究，如公开号为CN110696366A，名称为“一种增材制造技术成型倾斜面的表面形貌调控方法”的中国发明专利申请文件中记载了将成型零件进行了轴向梯度化和周向梯度化两个过程，并在成型时将不同部分配置不同的成型工艺参数，使得加工得到的零件表面形貌基本一致，不同倾角部分表面粗糙度差异小。

然而现有技术中仍缺少对于送粉/送丝增材制造工艺成形无支撑倾斜面结构的研究。

## 发明内容

本发明的一个目的在于提供一种带倾斜面成形件的成形方法，提供了一种无支撑结构成形具有倾斜面结构零件的方法。

本发明的另一个目的在于提供一种带倾斜面的成形件，其通过前述方法成形。

为实现前述一个目的的带倾斜面成形件的成形方法，用于成形带倾斜面的成形件，所述倾斜面具有倾角，所述倾角为所述倾斜面与成形基板之间的夹角，所述夹角为锐角；

所述成形方法包括：

获得待成形零件的模型，所述模型具有至少一个倾斜面；

对所述模型沿垂直于沉积方向分层切片处理成为若干成形层；

对每一所述成形层进行扫描路径规划，规划后的所述扫描路径包括内填充扫描路径以及位于所述内填充扫描路径外周的边框扫描路径；

其中，对于构成所述倾斜面的多个成形层中，至少一个待成形层具有突出于已成形层的悬空区域以及非悬空区域，所述边框扫描路径由第一路径以及第二路径组成，所述第一路径对应所述非悬空区域，所述第二路径对应所述悬空区域；

根据倾角大小对所述第一路径设定第一制备工艺参数，以及对所述第二路径设定第二制备工艺参数；

采用激光熔化沉积工艺，根据已设定的所述制备工艺参数逐层打印，以成形带倾斜面的成形件；

其中，所述第一制备工艺参数中的能量密度小于所述第二制备工艺参数中的

能量密度。

在一个或多个实施方式中，所述方法还包括：

对所述内填充扫描路径设定第三制备工艺参数；

其中，所述第三制备工艺参数中的能量密度小于所述第一制备工艺参数中的能量密度。

在一个或多个实施方式中，通过调节制备工艺参数中的激光功率和/或扫描速率以获得不同大小的所述能量密度。

在一个或多个实施方式中，成形时，对所述第一路径以及所述第二路径连续打印。

在一个或多个实施方式中，相邻两成形层中，所述内填充扫描路径之间具有 $90^\circ$  夹角。

在一个或多个实施方式中，所述路径规划还包括：

规划所述第二路径沿所述第一路径延伸的延伸路径；

规划所述第二路径与所述内填充扫描路径之间的距离；

其中，对所述延伸路径设定第二制备工艺参数。

在一个或多个实施方式中，所述路径规划还包括：

规划所述第二路径朝向所述内填充扫描路径的偏置距离。

在一个或多个实施方式中，在所述对所述模型进行分层切片处理之前，所述成形方法还包括：

对所述模型进行余量添加处理。

为实现前述另一目的的带倾斜面的成形件，采用如前所述的带倾斜面成形件的成形方法成形。

本发明的进步效果包括至少如下：

通过在零件中构成所述倾斜面的成形层中，将成形层的边框扫描路径划分成为第一路径以及第二路径，对第二路径采用相对较大的能量密度进行成形，使得第二路径在成形过程中，粉末在该位置受相对较大能量密度的作用而熔化沉积形成更大更厚的熔池，补偿熔池在倾斜结构位置因靠近边界的部分悬空区域受重力作用产生塌陷而减少的沉积量，从而保证了倾斜结构沉积量足够，确保倾斜面的倾斜角度能够有效成形。

## 附图概述

本发明的具体特征、性能由以下的实施例及其附图进一步给出。

图1示意性示出了通过本成形方法成形的成形件一个实施方式的示意图；

图2为本成形方法一个实施方式的流程示意框图；

图3示出了零件一个实施方式中构成倾斜面的成形层的示意图；

图4示出了在零件中构成所述倾斜面的成形层路径规划一个实施方式的示意图；

图5示出了在零件中构成所述倾斜面的成形层路径规划另一实施方式的示意图；

图6示出了通过本方法一个实施方式激光熔化沉积成形实物图；

图7为采用传统方法激光熔化沉积成形实物图。

## 本发明的最佳实施方式

本申请使用了特定词语来描述本申请的实施例，如“一个实施例”、“一实施例”、和/或“一些实施例”意指与本申请至少一个实施例相关的某一特征、结构或特点。因此，应强调并注意的是，本说明书中在不同位置两次或多次提及的“一实施例”或“一个实施例”并不一定是指同一实施例。此外，本申请的一个或多个实施例中的某些特征、结构或特点可以进行适当的组合。另外，使用“第一”、“第二”等词语来限定零部件，仅仅是为了便于对相应零部件进行区别，如没有另行声明，上述词语并没有特殊含义，因此也不能理解为对本申请保护范围的限制。

如下一个或多个实施方式中的一个方面提供了一种成形方法，用于成形带有倾斜面的成形件。如图1示意性示出了通过本成形方法成形的成形件一个实施方式的示意图，成形件1具有倾斜面10，成形件1通过增材制造工艺沉积成形，具有沉积方向a。在增材制造成形工艺中，成形件通常被置于成形基板表面进行成形，故成形沉积方向a通常与成形基板垂直。

倾斜面10是与成形基板之间具有夹角x的面，其中，倾斜面10可以是如图中所示的呈平面，也可以是与图示不同的是一种曲面。如在图1中所示的成形件示意图中，由于成形件的底面与基板平行，故夹角x以倾斜面10与成形件底面之间夹角的形式标识出。

其中，夹角 $x$ 的大小位于 $0^{\circ}$ 至 $90^{\circ}$ 之间，即倾斜面10与成形基板之间的夹角呈锐角。

在增材制造的过程中，受到激光能量熔化的粉末呈液态熔滴汇聚于基材熔池，熔池冷却凝固后形成成形件本体。由于倾斜面10与成形基板之间的夹角呈锐角，位于倾斜面10处进行边框位置扫描路径的成形时，尚未完全凝固的熔池由于靠近边界的部分区域处于悬空位置，该区域受到重力作用将会具有朝向成形基板下坠、塌陷的趋势，使得实际具有倾斜面的成形件与设计模型之间存在因熔池靠近边界的部分发生塌陷而导致的倾斜面成形质量低下。同时，当夹角 $x$ 越小，熔池靠近边界的部分悬空区域越多，则受到重力影响而具有塌陷的趋势更显著，更加容易产生塌陷现象，从而导致成形件的质量进一步下降。现有技术中对于具有倾斜面的零件进行直接成形时，对于夹角 $x$ 小于 $60^{\circ}$ 的零件已难以成形，需要在成形过程中添加额外的辅助支撑。

如图2为本成形方法一个实施方式的流程示意框图，能够提升对于具有倾斜面成形件的成形质量，本成形方法包括：

步骤S101：获得待成形零件的模型，零件模型可以是如图1所示的示意性成形件1的模型，具有一个倾斜面10，也可以是与图示不同的，具有两个或多个倾斜面的成形件模型。具体地，通过三维建模软件将具有倾斜面10的零件的三维模型在三维空间中按照零件预定成形的方向进行摆放建模，其中模型处理软件可为UG、CAD等三维建模软件。在三维建模软件对成形件进行建模时，能够获得并标识出成形件的倾斜面所在位置及倾斜角度。

步骤S102：模型处理，其包括步骤S1022：分层切片处理。具体地，是针对于三维建模软件中建模后获得的零件模型按照预定的成形摆放位置，沿垂直于沉积方向进行分层切片处理，以成为若干成形层，切片后的每个成形层均与沉积方向 $a$ 垂直。其中，每个成形层即为增材制造过程中所堆叠沉积的一层。

步骤S103：扫描路径规划。如图3示出了零件中构成倾斜面10的成形层一个实施方式下的示意图，图4示出了路径规划后在零件中构成所述倾斜面的成形层的一个实施方式下的示意图。扫描路径为增材制造过程中，激光光斑的移动路径。具体来说，当零件模型完成分层切片处理后，对于模型的每一成形层进行扫描路径规划，规划后的每一成形层均包括内填充扫描路径11以及位于内填充扫描

路径11外周的边框扫描路径12。而对于如图3所示、在零件中构成该倾斜面10的多个成形层中，至少一个待成形层2a具有如图3中所示、突出于已成形层2b的悬空区域20a以及非悬空区域21a。结合参见图3以及图4，边框扫描路径12又由第一路径121以及第二路径122组成，在边框路径12中，第一路径121对应非悬空区域21a，而第二路径122则对应悬空区域20a。即可以理解的是，对应边框扫描路径12是用于成形产品的外轮廓的成形路径，而内填充扫描路径11则是除去边框扫描路径12后的产品成形路径。

其中，图4中以虚线框图的形式示意性示出了内填充扫描路径11、边框扫描路径12中的第一路径121以及第二路径122的相对位置关系，并不用于限制其具体的范围。

为进一步阐述内填充扫描路径11与边框扫描路径12之间的相互位置关系，以下内容举例说明。结合图3以及图4可以知晓，当成形时沿着第二路径122成形的激光光斑半径小于该悬空区域20a的宽度时，第二路径122仅包括悬空区域20a中的边框扫描路径12部分，而不包括悬空区域20a中对应的内填充扫描路径11部分，在此实施例中，对于同样的光斑大小能够成形相对较小的零件倾角 $x$ 。当成形时沿着第二路径122成形的激光光斑半径大于该悬空并突出于已成形层的区域的宽度时，该第二路径122的成形区域至少一部分为该悬空区域20a，且有一部分与成形时沿着扫描路径11的激光光斑重合，在此实施例中，对于同样的光斑大小能够成形相对较大的零件倾角 $x$ 。

步骤S104：设定成形参数。具体而言，根据待成形零件倾角 $x$ 的大小，对第一路径121设定第一制备工艺参数，以及对第二路径122设定第二制备工艺参数。其中，第一制备工艺参数中的能量密度小于第二制备工艺参数中的能量密度。

制备工艺参数包括激光功率、扫描速率、送粉速率、光斑直径、扫描间距以及层厚中的一个或多个参数。在一个实施方式中，是通过调节制备工艺参数中的一个或多个参数，对比成形试件与参数之间的变化关系，通过试错的方式来得到针对成形零件倾角的制备工艺参数。在另一实施方式中，也可以通过总结得到零件倾角与调节制备工艺参数中的一个或多个参数的关系式，从而得到针对成形零件倾角的制备工艺参数。

步骤S105：逐层打印成形件。具体地，是根据已设定的制备工艺参数进行逐

层打印，从而成形如图1所示、带有倾斜面10的成形件1。其中，成形方法采用送粉/送丝工艺中的激光熔化沉积工艺（LDM）成形，相对于有粉末进行支撑的粉末床熔融的增材制造工艺，激光熔化沉积工艺（LDM）成形时因成形件悬空区域下方无粉末等支撑更易发生塌陷现象，而采用本成形方法，使得在激光熔化沉积工艺（LDM）进行成形时，也能够减少成形过程中的塌陷现象，提高倾斜角度的成形精度，从而提升成形质量。

通过在零件中构成所述倾斜面的成形层中，将成形层的边框扫描路径12划分为第一路径121以及第二路径122，对第二路径122采用相对较大的能量密度进行成形，使得第二路径122在成形过程中，粉末在该位置受相对较大能量密度的作用而熔化沉积形成更大更厚的熔池，补偿熔池在倾斜结构位置因靠近边界的部分悬空区域受重力作用产生塌陷而减少的沉积量，从而保证了倾斜结构沉积量足够，确保倾斜面的倾斜角度能够有效成形。

在本成形方法的一个实施方式中，对于制备工艺参数的设定还包括：

对内填充扫描路径11设定第三制备工艺参数。

其中，所述第三制备工艺参数中的能量密度小于第一制备工艺参数中的能量密度。

综合上述，即在本成形方法中，第三制备工艺参数中的能量密度<第一制备工艺参数中的能量密度<第二制备工艺参数中的能量密度。亦即对于第二路径122采用相对更大的能量密度成形。

在本成形方法的一个实施方式中，是通过调节制备工艺参数中的激光功率和/或扫描速率来获得不同大小的能量密度。具体地，如在一个实施方式中，通过调节扫描速率来获得不同大小的能量密度，在此实施方式中，第二制备工艺参数中的扫描速率<第一制备工艺参数中的扫描速率<第三制备工艺参数中的扫描速率。如在另一实施方式中，通过调节激光功率来获得不同大小的能量密度，在此实施方式中，第三制备工艺参数中的激光功率<第一制备工艺参数中的激光功率<第二制备工艺参数中的激光功率。

如图2所示，在本成形方法的一个实施方式中，成形时，对第一路径121以及第二路径122连续打印，即第一路径121与第二路径122之间连续打印，仅在成形过程中对成形参数设置不同，保证边框成形的连续性。

在本成形方法的一个实施方式中，成形时，为减少成形过程中的应力集中，可设置相邻两层内填充扫描路径11的之间具有 $90^\circ$  夹角。

如图5示出了另一实施方式下，路径规划后在零件中构成所述倾斜面的成形层的示意图，在此实施方式中，内填充11的成形路径与边框扫描路径12中的成形路径之间存在夹角。

在本成形方法的一个实施方式中，路径规划还包括：

设定第二路径122中沿边框12的第一路径121延伸的延伸路径b。第一路径121与第二路径122连续但不重合，通常由于第一路径121与第二路径122之间存在夹角，直接成形将会导致两条路径相接位置成形过程中熔池塌陷，通过规划延伸路径b能够保证第一路径121与第二路径122之间相接位置具有足够的成形层厚，以提高第一路径121与第二路径122之间相邻位置的成形性。其中，对延伸路径b采用与第二路径122相同的第二制备工艺参数进行成形。对于延伸路径b的选择通常与激光光斑直径的大小有关，优选地，0.5至1个光斑直径大小。

其中的，光斑直径大小选取与成形参数中的激光功率及粉斑直径大小相关，具体地，一般光斑直径和粉斑直径基本保持一致，对于较小的激光功率，如1000W以下，常采用较小的激光光斑直径和粉斑直径，如0.5mm左右；对于较大的激光功率，如2500W以上，常采用较大的激光光斑直径和粉斑直径，如5mm左右。

设定第二路径122与内填充11的扫描路径之间的距离c。通过规划距离c，以进一步确保成形过程第二路径122熔池和内填充11的熔池能有效搭接，形成致密的组织结构，保证零件近边界位置的成形性和冶金结合成形质量。其中，距离c的选取与成形光斑直径相关，对于较大的光斑直径，如5mm及以上，常选取距离c为0.8-2.5mm；对于较小的光斑直径，如1mm及以下，常选取距离c为0.4-0.6mm。

在本成形方法的一个实施方式中，路径规划还包括规划第二路径122朝向内填充11的扫描路径之间的偏置距离。第二路径122的扫描路径向内偏置一定距离，能有效减少熔池倾斜悬空部分，减少成形过程塌陷，使熔池能更多的堆积凝固在倾斜结构位置，保证倾斜角度成形。其中，对于零件倾角x相对较小的成形件，通常选取较大的偏置距离；而对于零件倾角x相对较大的成形件，通常选取较小的偏置距离。如，对于倾角大于 $60^\circ$  的成形件，优选地，偏置距离选取0-

0.1mm, 对于倾角小于 $60^{\circ}$ 的成形件, 优选地, 偏置距离选取0.1-1.5mm。

在本成形方法的一个实施方式中, 步骤S102: 模型处理还包括步骤S1021: 对所述模型进行余量添加处理。余量添加处理是指在零件的轮廓处添加打印余量, 以使得零件成形后进行机加等后处理或表面处理具有足够的尺寸余量, 保证零件最终的尺寸精度。

在本成形方法的一个实施方式中, 对于内填充11以及边框12可以采用不同的送粉器以及激光熔覆头, 打印方式可以是每个单层中的边框12以及内填充11先后打印, 也可以是同步打印。

另一个方面, 还提供了一种带倾斜面的成形件, 采用如前所述的一个或多个成形方法成形。

以下分别通过两个具体实施例来进行进一步阐述:

实施例一:

将具有 $70^{\circ}$ 倾斜角度的零件在三维模型处理软件中按照预定成形方向进行摆放识别倾斜面, 倾斜面与基板之间呈 $70^{\circ}$ 倾斜角。

对零件进行余量添加设计, 边框单边增加半个光斑的余量。通过二维切片软件对零件进行分层切片处理, 识别倾斜面在二维切片层中对应边, 对每层进行区域划分以及成形路径规划。区域划分以及成形路径规划后的一个成形层的示意图可以如图4所示。

对内填充设定第三制备工艺参数, 包括: 激光功率 $P=2800W$ , 内填充扫描速率 $1000\text{ mm/min}$ , 送粉率 $20-22\text{ g/min}$ , 光斑直径 $5\text{ mm}$ , 层厚 $0.8\text{ mm}$ 。

对第一路径设定第一制备工艺参数, 包括: 激光功率 $P=2800W$ , 内边框扫描速率 $800\text{ mm/min}$ , 送粉率 $20-22\text{ g/min}$ , 光斑直径 $5\text{ mm}$ , 层厚 $0.8\text{ mm}$ 。

对第二路径设定第二制备工艺参数, 包括: 激光功率 $P=2800W$ , 外边框扫描速率 $67.5\% \times 800 = 540\text{ mm/min}$ , 送粉率 $20-22\text{ g/min}$ , 光斑直径 $5\text{ mm}$ , 层厚 $0.8\text{ mm}$ 。

设定延伸路径 $b=3\text{ mm}$ , 距离 $c=0.8\text{ mm}$ 。

按照规划的成形策略和工艺参数完成当前层的成形, 成形一层后下一层则内填充按逆时针方向旋转 $90^{\circ}$ , 不改变边框12中第一路径121和第二路径122的扫描路径的激光扫描策略, 如此循环至完成零件倾斜角度成形。

如图6示出了通过前述方法激光熔化沉积成形实物图, 图7为一般方法激光熔

化沉积成形实物图。其中图6中成形件的实测角度 $\alpha$ 为 $70.4^\circ$ ，图7中成形件的实测角度 $\alpha'$ 为 $76.1^\circ$ 。采用本方法成形的零件，成形误差为0.57%，而采用一般方法成形的零件，成形误差为8.71%，相较之下，采用本方法成形的零件倾斜角成形误差大大减少，提升了成形件的质量。

实施例二：

将具有 $45^\circ$ 倾斜角度的零件在三维模型处理软件中按照预定成形方向进行摆放识别倾斜面，倾斜面与基板之间呈 $45^\circ$ 倾斜角。

对零件进行余量添加设计，边框单边增加半个光斑的余量。通过二维切片软件对零件进行分层切片处理，识别倾斜面在二维切片层中对应边，对每层进行区域划分以及成形路径规划。区域划分以及成形路径规划后的一个成形层的示意图可以如图5所示。

对内填充设定第三制备工艺参数，包括：激光功率 $P=2800W$ ，内填充扫描速率 $1000\text{ mm/min}$ ，送粉率 $20\text{--}22\text{g/min}$ ，光斑直径 $5\text{mm}$ ，层厚 $0.8\text{mm}$ 。

对第一路径设定第一制备工艺参数，包括：激光功率 $P=2800W$ ，内边框扫描速率 $800\text{ mm/min}$ ，送粉率 $20\text{--}22\text{g/min}$ ，光斑直径 $5\text{mm}$ ，层厚 $0.8\text{mm}$ 。

对第二路径设定第二制备工艺参数，包括：激光功率 $P=2800W$ ，外边框扫描速率 $50\% \times 800 = 400\text{ mm/min}$ ，送粉率 $20\text{--}22\text{g/min}$ ，光斑直径 $5\text{mm}$ ，层厚 $0.8\text{mm}$ 。

设定延伸路径 $b=3\text{mm}$ ，距离 $c=0.8\text{mm}$ ，设定第二路径122扫描路径向内偏置 $0.1\text{mm}$ 。

按照规划的成形策略和工艺参数完成当前层的成形，成形一层后下一层则内填充按逆时针方向旋转 $90^\circ$ ，不改变边框12中第一路径121和第二路径122的激光扫描策略，如此循环至完成零件倾斜角度成形。

采用本方法成形的零件，实际成形角度为 $48^\circ$ ，成形误差为6.7%，而一般成形工艺中无法成形倾斜角度小于 $60^\circ$ 的零件。

本发明虽然以较佳实施例公开如上，但其并不是用来限定本发明，任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内，都可以做出可能的变动和修改。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何修改、等同变化及修饰，均落入本发明权利要求所界定的保护范围之内。

## 权利要求

1. 一种带倾斜面成形件的成形方法，用于成形带倾斜面的成形件，所述倾斜面具有倾角，所述倾角为所述倾斜面与成形基板之间的夹角，所述夹角为锐角；

其特征在于，所述成形方法包括：

获得待成形零件的模型，所述模型具有至少一个倾斜面；

对所述模型沿垂直于沉积方向分层切片处理成为若干成形层；

对每一所述成形层进行扫描路径规划，规划后的所述扫描路径包括内填充扫描路径以及位于所述内填充扫描路径外周的边框扫描路径；

其中，对于构成所述倾斜面的多个成形层中，至少一个待成形层具有突出于已成形层的悬空区域以及非悬空区域，所述边框扫描路径由第一路径以及第二路径组成，所述第一路径对应所述非悬空区域，所述第二路径对应所述悬空区域；

根据倾角大小对所述第一路径设定第一制备工艺参数，以及对所述第二路径设定第二制备工艺参数；

采用激光熔化沉积工艺，根据已设定的所述制备工艺参数逐层打印，以成形带倾斜面的成形件；

其中，所述第一制备工艺参数中的能量密度小于所述第二制备工艺参数中的能量密度。

2. 如权利要求1所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于，还包括：

对所述内填充扫描路径设定第三制备工艺参数；

其中，所述第三制备工艺参数中的能量密度小于所述第一制备工艺参数中的能量密度。

3. 如权利要求2所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于，通过调节制备工艺参数中的激光功率和/或扫描速率以获得不同大小的所述能量密度。

4. 如权利要求1所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于：

成形时，对所述第一路径以及所述第二路径连续打印。

5. 如权利要求1所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于：

相邻两成形层中，所述内填充扫描路径之间具有90°夹角。

6. 如权利要求1所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于，所述路径规划还包括：

规划所述第二路径沿所述第一路径延伸的延伸路径；

规划所述第二路径与所述内填充扫描路径之间的距离；

其中，对所述延伸路径设定第二制备工艺参数。

7. 如权利要求1所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于，所述路径

规划还包括：

规划所述第二路径朝向所述内填充扫描路径的偏置距离。

8. 如权利要求1所述的带倾斜面成形件的成形方法，其特征在于，在所述对所述模型进行分层切片处理之前，所述成形方法还包括：

对所述模型进行余量添加处理。

9. 一种带倾斜面的成形件，其特征在于，采用如权利要求1至8中任一项所述的带倾斜面成形件的成形方法成形。

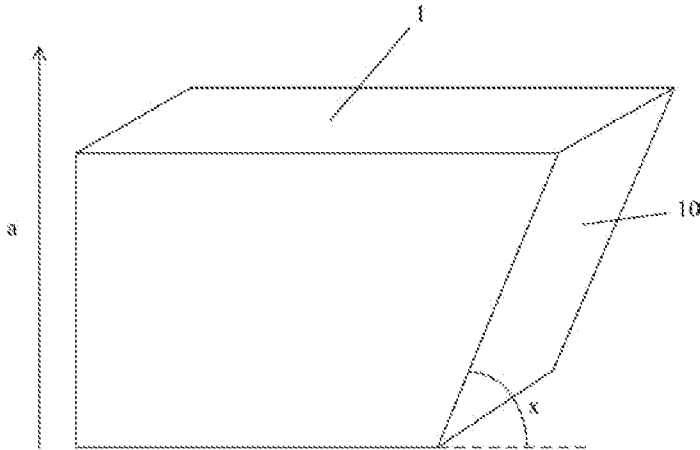


图1

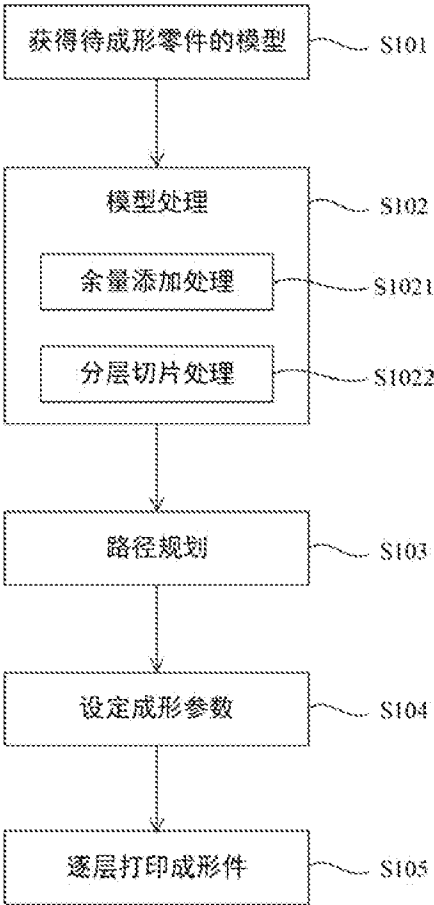


图2

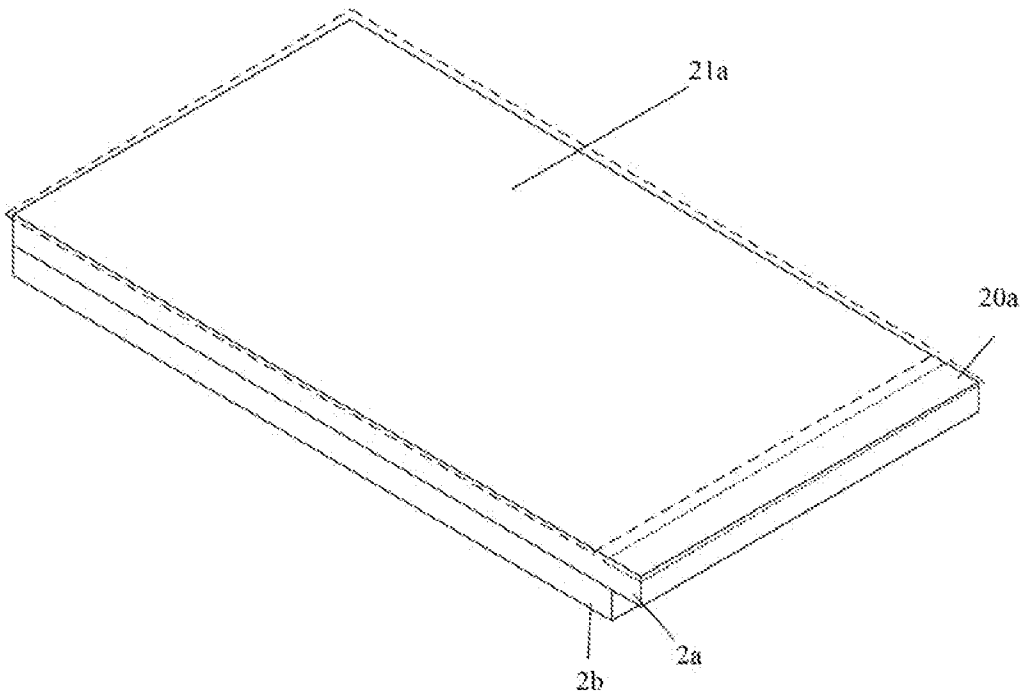


图3

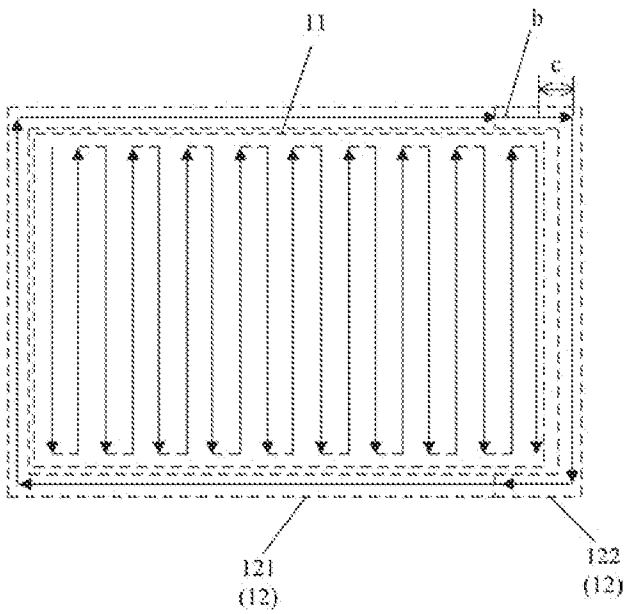


图4

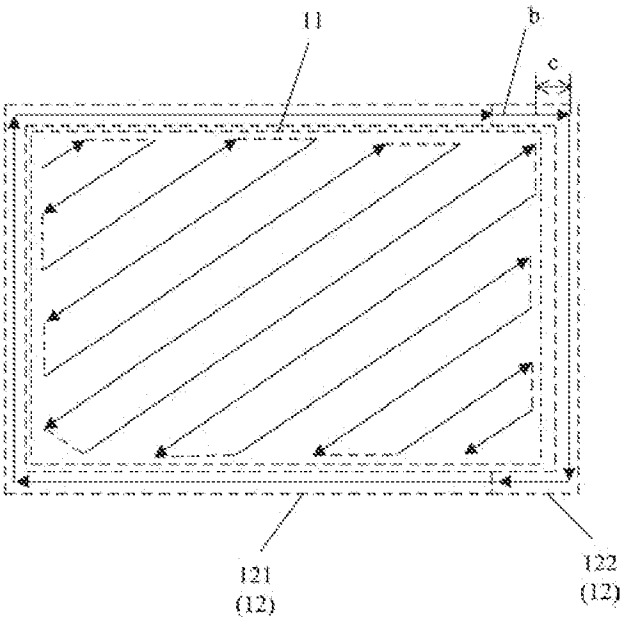


图5

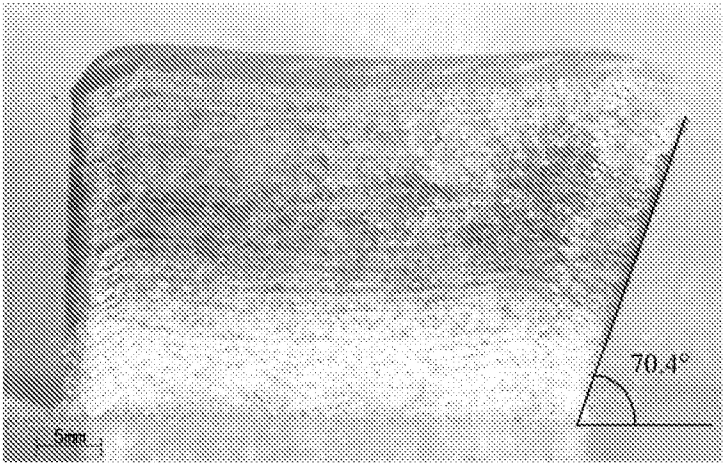


图6

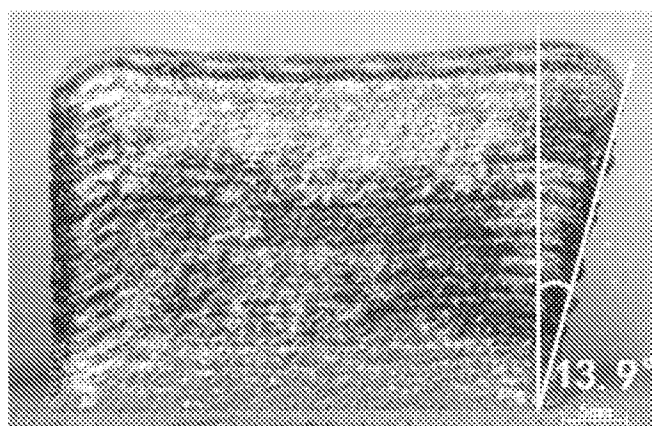


图7

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/125357

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

B22F 3/105(2006.01)i; B23K 26/70(2014.01)i; B33Y 10/00(2015.01)i; B33Y 80/00(2015.01)i; B23K 26/342(2014.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22F3/105; B23K26/00; B33Y10/00; B33Y80/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPABSC; CNTXT; CNABS; ENTXTC; DWPI; SIPOABS: 增材, 打印, 同轴, 扫描, 无支撑, 悬垂, 边框, 轮廓, additive, print +, coaxial, scan+, supportless, overhang, frame, outline

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                          | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 112059186 A (AECC SHANGHAI COMMERCIAL AIRCRAFT ENGINE MANUFACTURING CO., LTD.; AECC COMMERCIAL AIRCRAFT ENGINE CO., LTD.)<br>11 December 2020 (2020-12-11)<br>claims 1-9 | 1-9                   |
| Y         | US 2006003095 A1 (OPTOMECH DESIGN COMPANY) 05 January 2006 (2006-01-05)<br>description paragraphs 0042-0046, figures 1, 2                                                   | 1-9                   |
| Y         | US 2018311769 A1 (DIVERGENT TECHNOLOGIES, INC.) 01 November 2018<br>(2018-11-01)<br>description paragraphs 0100-0105, figures 13a-13c                                       | 1-9                   |
| A         | US 2017232518 A1 (SOOCHOW UNIVERSITY) 17 August 2017 (2017-08-17)<br>claim 1                                                                                                | 1-9                   |
| A         | US 2016074937 A1 (THE PENN STATE RESEARCH FOUNDATION) 17 March 2016<br>(2016-03-17)<br>description paragraph 0040, figure 6                                                 | 1-9                   |
| A         | CN 108380873 A (CHENGDU OPTTECH CO., LTD.) 10 August 2018 (2018-08-10)<br>claim 1                                                                                           | 1-9                   |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 January 2022

Date of mailing of the international search report

26 January 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/  
CN)  
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing  
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2021/125357**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |             |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-------------|----|--------------------------------------|
| CN                                        | 112059186  | A  | 11 December 2020                     | CN                      | 112059186   | B  | 15 January 2021                      |
| US                                        | 2006003095 | A1 | 05 January 2006                      | None                    |             |    |                                      |
| US                                        | 2018311769 | A1 | 01 November 2018                     | EP                      | 3708280     | A1 | 16 September 2020                    |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2020518721  | A  | 25 June 2020                         |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2018200192  | A1 | 01 November 2018                     |
|                                           |            |    |                                      | KR                      | 20190136091 | A  | 09 December 2019                     |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 108788145   | A  | 13 November 2018                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 3615246     | A1 | 04 March 2020                        |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 3615246     | A4 | 19 August 2020                       |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 210059803   | U  | 14 February 2020                     |
| US                                        | 2017232518 | A1 | 17 August 2017                       | WO                      | 2016023255  | A1 | 18 February 2016                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 3181272     | A1 | 21 June 2017                         |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 3181272     | A4 | 29 August 2018                       |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 104190927   | A  | 10 December 2014                     |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 104190927   | B  | 18 May 2016                          |
| US                                        | 2016074937 | A1 | 17 March 2016                        | US                      | 10046394    | B2 | 14 August 2018                       |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2016044064  | A1 | 24 March 2016                        |
| CN                                        | 108380873  | A  | 10 August 2018                       | CN                      | 108380873   | B  | 29 January 2019                      |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/125357

## A. 主题的分类

B22F 3/105 (2006.01) i; B23K 26/70 (2014.01) i; B33Y 10/00 (2015.01) i; B33Y 80/00 (2015.01) i; B23K 26/342 (2014.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

## B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

B22F3/105; B23K26/00; B33Y10/00; B33Y80/00

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

WPABSC; CNTXT; CNABS; ENTXTC; DWPI; SIPOABS: 增材, 打印, 同轴, 扫描, 无支撑, 悬垂, 边框, 轮廓, additive, print+, coaxial, scan+, supportless, overhang, frame, outline

## C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                | 相关的权利要求 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| PX   | CN 112059186 A (中国航发上海商用航空发动机制造有限责任公司 中国航发商用航空发动机有限责任公司) 2020年12月11日 (2020 - 12 - 11)<br>权利要求1-9 | 1-9     |
| Y    | US 2006003095 A1 (OPTOMECH DESIGN) 2006年1月5日 (2006 - 01 - 05)<br>说明书0042-0046段, 附图1、2            | 1-9     |
| Y    | US 2018311769 A1 (DIVERGENT TECH INC) 2018年11月1日 (2018 - 11 - 01)<br>说明书0100-0105段, 附图13a-13c    | 1-9     |
| A    | US 2017232518 A1 (UNIV S00CHOW) 2017年8月17日 (2017 - 08 - 17)<br>权利要求1                             | 1-9     |
| A    | US 2016074937 A1 (PENN STATE RES FOUND) 2016年3月17日 (2016 - 03 - 17)<br>说明书0040段, 附图6             | 1-9     |
| A    | CN 108380873 A (成都优材科技有限公司) 2018年8月10日 (2018 - 08 - 10)<br>权利要求1                                 | 1-9     |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年1月10日

国际检索报告邮寄日期

2022年1月26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

赵新飞

电话号码 010-62085451

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/125357

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 |             |    | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|------|-------------|----|----------------|
| CN          | 112059186  | A  | 2020年12月11日    | CN   | 112059186   | B  | 2021年1月15日     |
| US          | 2006003095 | A1 | 2006年1月5日      | 无    |             |    |                |
| US          | 2018311769 | A1 | 2018年11月1日     | EP   | 3708280     | A1 | 2020年9月16日     |
|             |            |    |                | JP   | 2020518721  | A  | 2020年6月25日     |
|             |            |    |                | WO   | 2018200192  | A1 | 2018年11月1日     |
|             |            |    |                | KR   | 20190136091 | A  | 2019年12月9日     |
|             |            |    |                | CN   | 108788145   | A  | 2018年11月13日    |
|             |            |    |                | EP   | 3615246     | A1 | 2020年3月4日      |
|             |            |    |                | EP   | 3615246     | A4 | 2020年8月19日     |
|             |            |    |                | CN   | 210059803   | U  | 2020年2月14日     |
| US          | 2017232518 | A1 | 2017年8月17日     | WO   | 2016023255  | A1 | 2016年2月18日     |
|             |            |    |                | EP   | 3181272     | A1 | 2017年6月21日     |
|             |            |    |                | EP   | 3181272     | A4 | 2018年8月29日     |
|             |            |    |                | CN   | 104190927   | A  | 2014年12月10日    |
|             |            |    |                | CN   | 104190927   | B  | 2016年5月18日     |
| US          | 2016074937 | A1 | 2016年3月17日     | US   | 10046394    | B2 | 2018年8月14日     |
|             |            |    |                | WO   | 2016044064  | A1 | 2016年3月24日     |
| CN          | 108380873  | A  | 2018年8月10日     | CN   | 108380873   | B  | 2019年1月29日     |