



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 116811238 B

(45) 授权公告日 2024.06.28

(21) 申请号 202310571466.6

B29C 64/321 (2017.01)

(22) 申请日 2023.05.20

B29C 64/314 (2017.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

B29C 64/393 (2017.01)

申请公布号 CN 116811238 A

B33Y 30/00 (2015.01)

(43) 申请公布日 2023.09.29

B33Y 40/00 (2020.01)

(73) 专利权人 南京航空航天大学

B33Y 40/10 (2020.01)

地址 210000 江苏省南京市御道街29号

B33Y 50/02 (2015.01)

(72) 发明人 宋文哲 单忠德 于肖 郑菁桦

范聪泽 陈意伟

(56) 对比文件

CN 115972572 A, 2023.04.18

CN 114986889 A, 2022.09.02

CN 114953438 A, 2022.08.30

(74) 专利代理机构 南京众联专利代理有限公司

32206

专利代理师 薛雨妍

审查员 李佳

(51) Int. Cl.

B29C 64/165 (2017.01)

B29C 64/295 (2017.01)

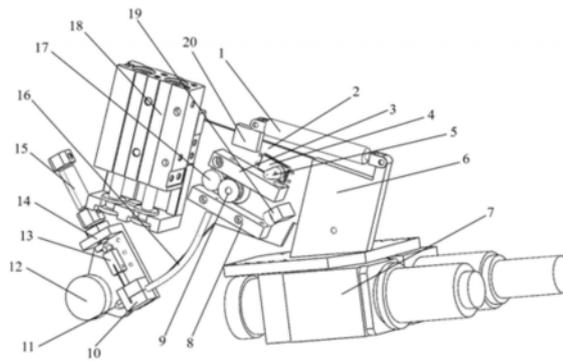
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种具有激光预热与原位压实的3D打印头及其运行方法

(57) 摘要

本发明提供一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,包括印头安装板;所述印头安装板的左上方安装有气动滑块;印头安装板上分别安装有送丝机构上安装座与送丝机构下安装座;在送丝机构上安装座与送丝机构下安装座之间安装有主动送丝轮和从动送丝轮,在打印头安装板的右侧安装有激光器安装支架,激光器安装支架上安装有激光器,送丝机构下安装座通过预浸丝向特氟龙管与砧板块连接;其中喷嘴安装在所述砧板块上;在所述气动滑块的下方安装有气动剪丝结构。本发明采用高能激光束对沉积的预浸丝材进行实时预热,提高了打印过程的层间加热效率,有利于提高层间融合时的界面温度,提升制件的层间结合。



1. 一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,包括打印头安装板(2);其特征在于:所述打印头安装板(2)的左上方安装有气动滑块(18);打印头安装板(2)上分别安装有送丝机构上安装座(3)与送丝机构下安装座(8);在送丝机构上安装座(3)与送丝机构下安装座(8)之间安装有主动送丝轮(9)和从动送丝轮(17),在打印头安装板(2)的右侧安装有激光器安装支架(6),激光器安装支架(6)上安装有激光器(7),送丝机构下安装座(8)通过预浸丝向特氟龙管(16)与砧板块(10)连接;其中喷嘴(11)安装在所述砧板块(10)上;在所述气动滑块(18)的下方安装有气动剪丝结构,剪丝机构通过剪丝机构安装支架(14)与打印头安装板(2)相连接;所述送丝机构上安装座(3)与金属摆臂(5)相连接,且金属摆臂(5)安装在舵机(4)的旋转轴上,舵机(4)控制金属摆臂(5)转动,当金属摆臂(5)顺时针转动时,带动送丝机构上安装座(3)绕其左上方安装孔逆时针转动,此时主动送丝轮(9)与从动送丝轮(17)紧密贴合,可以配合步进电机(21)完成送丝动作,当金属摆臂(5)逆时针转动时,带动送丝机构上安装座(3)绕其左上方安装孔顺时针转动,此时主动送丝轮(9)与从动送丝轮(17)分离,此时预浸丝处于自由状态;在剪丝机构安装支架(14)的左上方安装有拇指气缸(15),拇指气缸(15)的气动伸缩端与刀片安装座(13)相连接,刀片安装座(13)另一端安装有切刀(22),切刀(22)的刀口侧可伸进砧板块(10)上的凹槽内。

2. 根据权利要求1所述的一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,其特征在于:其中主动送丝轮(9)安装在步进电机(21)的旋转轴上。

3. 根据权利要求1所述的一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,其特征在于:在打印喷嘴(11)的下方安装有金属压实辊(12),金属压实辊(12)安装在剪丝机构安装支架(14)上。

4. 根据权利要求1所述的一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,其特征在于:打印头安装板(2)与激光器安装支架(6)连接处的安装孔为圆弧形。

5. 根据权利要求1所述的一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,其特征在于:所述切刀(22)的刀口为平直刀口。

6. 根据权利要求1所述的一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,其特征在于:打印头安装板(2)上安装有红外深度相机(19),可以实时监测打印过程激光落点位置,且打印头安装板(2)上方安装有活塞块支座(20),在活塞块支座(20)与激光器安装支架(6)间安装有可控制伸缩长度的活塞块(1),在打印过程中可采用红外深度相机(19)监测激光落地,并通过活塞块(1)的伸缩实时控制激光器安装支架(6)转动从而调整激光落点位置。

7. 一种如权利要求1-6任一项一种具有激光预热与原位压实的3D打印头的运行方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤1:预浸丝由主动送丝轮与从动送丝轮相互配合,将预浸丝向特氟龙管内输送,之后预浸丝继续通过特氟龙管内,进入砧板块内的丝束输送通道并从喷嘴输出到达金属压实辊正下方,开始进行制件打印;

步骤2:在制件打印时,激光器开启,激光束直接照射打印中的预浸丝,同时在金属压实辊的压实作用下完成3D打印连续纤维复合材料的预热压实,提高层间结合强度,其中压实压力的施加由调整气动滑块内气压实现;

步骤3:打印过程红外深度相机实时监测打印过程激光落点位置,当打印过程中出现激光照射点偏离的情况时,红外深度相机输出控制信号,控制活塞块(1)的伸缩实时控制激光

器安装支架转动从而调整激光落点位置,实现打印过程的精确加热;

步骤4:制件打印完成后,拇指气缸带动切刀切断预浸丝,切刀刀口为平直刀口,在气缸控制下,刀口高速撞向砧板块上的凹槽壁,完成预浸丝的剁断;

步骤5:进一步的预浸丝切断后,拇指气缸控制切刀缩回,此时预浸丝可以继续通过砧板块内的丝束通道,继续进行接下来的打印流程。

一种具有激光预热与原位压实的3D打印头及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及连续纤维增强复合材料3D打印技术领域,具体涉及一种具有激光预热与原位压实的3D打印头及其运行方法。

背景技术

[0002] 连续纤维增强热塑性复合材料(CFRTP)是以连续纤维作为增强材料,以热塑性树脂为基体制备的复合材料。连续纤维增强热塑性复合材料构件具有质量轻、高强度、力学性能优异等诸多优点,目前已经在航空航天、国防军工、交通运输、能源等众多领域得到广泛的应用,并向民用领域不断扩展。

[0003] 连续纤维增强复合材料3D打印是一种新型增材制造技术,它是通过连续纤维预浸丝在喷头内部熔融挤出并随着3D打印喷头的运动层层堆叠形成整体结构。与传统复合材料成形工艺相比,3D打印具有无需模具、成本低、一体化成形等优势,随着连续纤维增强复合材料3D打印技术的发展,降低了连续纤维增强复合材料的制造成本,进一步扩展了复合材料的应用领域。然而连续纤维的3D打印所用的熔丝制造成形(FFF)工艺存在成形效率低、纤维损伤高、制件性能差等问题。

[0004] 当前连续纤维增强复合材料3D打印头大多基于FFF工艺,预浸丝经过加热块熔融并通过打印喷嘴挤出成形。在挤出过程中,预浸丝迅速降温,导致层间界面融合温度较低,制件层间结合较差。同时,且与传统复材成形工艺相比,在3D打印过程中,层与层结合时难以提供稳定压力,使得制件层间结合强度差。为进一步提升连续纤维复合材料3D打印的成形效率与制件性能,目前缺乏一种新型打印成形工艺与装置,在层间界面形成时进行原位预热并压实,提升3D打印连续纤维复合材料制件的层间结合性能,促进连续纤维复合材料3D打印技术在航空航天、国防军工、轨道交通等领域的有效应用。

发明内容

[0005] 为解决上述问题,本发明公开了一种具有激光预热与原位压实的3D打印头及其运行方法;在3D打印过程进行激光实时预热,提高层间融合温度,促进层间融合进程,同时采用压实辊进行打印后的实时压实,在成形过程中提供了可控的成形压力,提升制件的层间结合强度。

[0006] 一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,包括打印头安装板,其左上方安装有气动滑块,气动滑块在通气后控制整个打印头的上下升降,并通过控制气压大小调整在打印成形时施加的压力大小。

[0007] 进一步的,在气动滑块右方安装有送丝机构上安装座与送丝机构下安装座,在送丝机构上安装座与送丝机构下安装座间安装有主动送丝轮与从动送丝轮,其中主动送丝轮安装在步进电机的旋转轴上,步进电机控制主动送丝轮的转动,且主动送丝轮与从动送丝轮相贴合带动丝材进一步向前输送。

[0008] 进一步的,送丝机构上安装座与金属摆臂相连接,且金属摆臂安装在舵机的旋转

轴上,舵机控制金属摆臂转动,当金属摆臂顺时针转动时,带动送丝机构上安装座绕其左上方安装孔逆时针转动,此时主动送丝轮与从动送丝轮紧密贴合,可以配合步进电机完成送丝动作,当金属摆臂逆时针转动时,带动送丝机构上安装座绕其左上方安装孔顺时针转动,此时主动送丝轮与从动送丝轮分离,此时预浸丝处于自由状态。

[0009] 进一步的,在气动滑块下方安装有气动剪丝结构,可以实现打印过程的预浸丝剪切功能,剪丝机构通过剪丝机构安装支架与打印头安装板相连接。

[0010] 进一步的,在剪丝机构安装支架左上方安装有拇指气缸,拇指气缸的气动伸缩端与刀片安装座相连接,刀片安装座另一端安装有切刀,切刀的刀口侧可伸进砧板块上的凹槽内,砧板块上方与送丝机构下安装座之间有特氟龙管作为送丝通道。

[0011] 进一步的,当拇指气缸控制刀片安装座向左上方缩回时,切刀与砧板块的凹槽内壁分离,此时预浸丝可以通过砧板块内的丝束输送通道,并通过打印喷嘴,当拇指气缸控制刀片安装座向右下方伸出时,切刀向砧板块的凹槽内壁高速接近,并切断预浸丝完成剪丝动作。

[0012] 进一步的,在打印喷嘴下方安装有金属压实辊,可以将从打印喷嘴内输送出的预浸丝完成压实打印。

[0013] 进一步的,在打印头安装板右侧安装有激光器安装支架,激光器安装支架上安装有激光器,激光器发射出的激光向打印喷嘴中输出的预浸丝直接照射,使得预浸丝加热熔融。

[0014] 进一步的,为实现激光照射落点的调整,打印头安装板与激光器安装支架连接处的安装孔为圆弧形,可以通过调整在圆弧形孔上的安装位置控制激光器旋转,实现激光照射落点的改变。

[0015] 激光器预热温度根据材料选定,如打印PLA基复材,选用预热温度200°C,打印PEEK基复材,选用预热温度400°C

[0016] 进一步的,打印头安装板上安装有红外深度相机,可以实时监测打印过程激光落点位置,且打印头安装板上方安装有活塞块支座,在活塞块支座与激光器安装支架间安装有可控制伸缩长度的活塞块,在打印过程中可采用红外深度相机监测激光落地,并通过活塞块的伸缩实时控制激光器安装支架转动从而调整激光落点位置,实现打印过程的精确加热。

[0017] 进一步的,为实现高层间结合性能连续纤维复合材料的3D打印,预浸丝通过主动送丝轮与从动送丝轮相互配合,将预浸丝向特氟龙管内输送,之后预浸丝继续通过特氟龙管内,进入砧板块内的丝束输送通道并从喷嘴输出到达金属压实辊正下方,开始进行制件打印。在制件打印时,激光器开启,激光束直接照射打印中的预浸丝,同时在金属压实辊的压实作用下完成3D打印连续纤维复合材料的预热压实,提高层间结合强度。

[0018] 进一步的,打印过程红外深度相机实时监测打印过程激光落点位置,当打印过程中出现激光照射点偏离的情况时,红外深度相机输出控制信号,控制活塞块的伸缩实时控制激光器安装支架转动从而调整激光落点位置,实现打印过程的精确加热。

[0019] 进一步的,制件打印完成后,拇指气缸带动切刀切断预浸丝,切刀刀口为平直刀口,在气缸控制下,刀口高速撞向砧板块上的凹槽壁,完成预浸丝的切断。

[0020] 进一步的,预浸丝切断后,拇指气缸控制切刀缩回,此时预浸丝可以继续通过砧板

块10内的丝束通道,继续进行接下来的打印流程。

[0021] 进一步的,切刀位置与压实辊压实位置距离为10mm-15mm,为近程断丝,减少了丝束切断后打印丝束的无张力状态使得纤维出现偏转现象的产生。

[0022] 一种具有激光预热与原位压实的3D打印头的运行方法,包括以下步骤:

[0023] 步骤1:预浸丝由主动送丝轮与从动送丝轮相互配合,将预浸丝向特氟龙管内输送,之后预浸丝继续通过特氟龙管内,进入砧板块内的丝束输送通道并从喷嘴输出到达金属压实辊正下方,开始进行制件打印;

[0024] 步骤2:在制件打印时,激光器开启,激光束直接照射打印中的预浸丝,同时在金属压实辊的压实作用下完成3D打印连续纤维复合材料的预热压实,提高层间结合强度,其中压实压力的施加由调整气动滑块内气压实现。

[0025] 步骤3:打印过程红外深度相机实时监测打印过程激光落点位置,当打印过程中出现激光照射点偏离的情况时,红外深度相机输出控制信号,控制活塞块的伸缩实时控制激光器安装支架转动从而调整激光落点位置,实现打印过程的精确加热。

[0026] 步骤4:制件打印完成后,拇指气缸带动切刀切断预浸丝,切刀刀口为平直刀口,在气缸控制下,刀口高速撞向砧板块上的凹槽壁,完成预浸丝的剃断。

[0027] 步骤5:进一步的预浸丝切断后,拇指气缸控制切刀缩回,此时预浸丝可以继续通过砧板块内的丝束通道,继续进行接下来的打印流程。

[0028] 本发明的有益效果:

[0029] 1.设计了一种针对连续纤维热塑性预浸丝打印的新型打印头,增加了激光原位预热模块与原位压辊压实模块,集成了打印过程预浸丝切断、止丝、重送等功能,可以实现连续纤维复合材料的高质高效成形。

[0030] 2.新型打印头的激光预热模块与压辊模块综合作用下,可以有效提高3D打印连续纤维复合材料的层间结合强度。

[0031] 3.采用了近程断丝功能,由于丝束切断后,还在打印的丝束将处于无张力状态,继续打印完剩余丝束时由于这种无张力状态会产生丝束局部偏转,使得质量成形质量较差,近程断丝时,剩余丝束长度较短,有利于减少剩余丝束继续打印时的纤维局部偏转现象的产生。

[0032] 4.采用了平口刀片与砧板配合剃断纤维的方式进行断丝,与剪断预浸丝相比,切口更为平整,且避免了高速打印时剪断纤维易发生的纤维难以完全切断的现象产生。

[0033] 5.采用红外深度相机实时监测激光照射落地,并输出信号控制激光照射落地的调整,可以实现打印过程激光照射落地的精确控制,从而降低打印能耗并提升制件性能。

附图说明

[0034] 图1为具有激光预热与原位压实的多功能3D打印头的三维图;

[0035] 图2为具有激光预热与原位压实的多功能3D打印头的后视图;

[0036] 图3为气动剪丝结构的三维图;

[0037] 图4为切刀的三维图。

[0038] 图中:1活塞块,2打印头安装板,3送丝机构上安装座,4舵机,5金属摆臂,6激光器安装支架,7激光器,8送丝机构下安装座,9主动送丝轮,10砧板块,11打印喷嘴,12金属压实

辊,13刀片安装座,14剪丝机构安装支架,15拇指气缸,16特氟龙管,17从动送丝轮,18气动滑块,19红外深度相机,20活塞块支座,21步进电机,22切刀。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明,应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围。需要说明的是,下面描述中使用的词语“前”、“后”、“左”、“右”、“上”和“下”指的是附图中的方向,词语“内”和“外”分别指的是朝向或远离特定部件几何中心的方向。

[0040] 如图1-3所示,本实施的一种具有激光预热与原位压实的3D打印头,包括打印头安装板2,其左上方安装有气动滑块18在通气后控制整个打印头的上下升降,并通过控制气压大小调整在打印成形时施加的压力大小。

[0041] 在气动滑块18右方安装有送丝机构上安装座3与送丝机构下安装座8,在送丝机构上安装座3与送丝机构下安装座8间安装有主动送丝轮9与从动送丝轮17,其中主动送丝轮9安装在步进电机21的旋转轴上,步进电机控制主动送丝轮9的转动,且主动送丝轮9与从动送丝轮17相贴合带动丝材进一步向前输送。砧板块10上方与送丝机构下安装座8之间有特氟龙管16作为送丝通道。

[0042] 在打印头安装板2右侧安装有激光器安装支架6,激光器安装支架6上安装有激光器7,激光器7发射出的激光向打印喷嘴11中输出的预浸丝直接照射,使得预浸丝加热熔融。在打印喷嘴下方安装有金属压实辊12,可以将从打印喷嘴11内输送出的预浸丝完成压实打印。

[0043] 送丝机构上安装座3与金属摆臂5相连接,且金属摆臂5安装在舵机4的旋转轴上,舵机4控制金属摆臂5转动,当金属摆臂5顺时针转动时,带动送丝机构上安装座3绕其左上方安装孔逆时针转动,此时主动送丝轮9与从动送丝轮17紧密贴合,可以配合步进电机21完成送丝动作,当金属摆臂5逆时针转动时,带动送丝机构上安装座3绕其左上方安装孔顺时针转动,此时主动送丝轮9与从动送丝轮17分离,此时预浸丝处于自由状态。

[0044] 在气动滑块18下方安装有气动剪丝结构,可以实现打印过程的预浸丝剪切功能,剪丝机构通过剪丝机构安装支架14与打印头安装板2相连接。在剪丝机构安装支架14左上方安装有拇指气缸15,拇指气缸15的气动伸缩端与刀片安装座13相连接,刀片安装座13另一端安装有切刀22,切刀22的刀口侧可伸进砧板块10上的凹槽内。

[0045] 当拇指气缸15控制刀片安装座13向左上方缩回时,切刀22与砧板块10的凹槽内壁分离,此时预浸丝可以通过砧板块10内的丝束输送通道,并通过打印喷嘴11,当拇指气缸15控制刀片安装座13向右下方伸出时,切刀22向砧板块10的凹槽内壁高速接近,并切断预浸丝完成剪丝动作。

[0046] 进一步的,为实现激光照射落点的调整,打印头安装板2与激光器安装支架6连接处的安装孔为圆弧形,可以通过调整在圆弧形孔上的安装位置控制激光器旋转,实现激光照射落点的改变。

[0047] 打印头安装板2上安装有红外深度相机19,可以实时监测打印过程激光落点位置,且打印头安装板2上方安装有活塞块支座20,在活塞块支座20与激光器安装支架6间安装有可控制伸缩长度的活塞块1,在打印过程中可采用红外深度相机19监测激光落地,并通过活

塞块1的伸缩实时控制激光器安装支架6转动从而调整激光落点位置,实现打印过程的精确加热。

[0048] 进一步的,为实现高层间结合性能连续纤维复合材料的3D打印,预浸丝通过主动送丝轮9与从动送丝轮17相互配合,将预浸丝向特氟龙管16内输送,之后预浸丝继续通过特氟龙管16内,进入砧板块10内的丝束输送通道并从喷嘴11输出到达金属压实辊12正下方,开始进行制件打印。在制件打印时,激光器7开启,激光束直接照射打印中的预浸丝,同时在金属压实辊12的压实作用下完成3D打印连续纤维复合材料的预热压实,提高层间结合强度。

[0049] 打印过程红外深度相机19实时监测打印过程激光落点位置,当打印过程中出现激光照射点偏离的情况时,红外深度相机19输出控制信号,控制活塞块1的伸缩实时控制激光器安装支架6转动从而调整激光落点位置,实现打印过程的精确加热。

[0050] 制件打印完成后,拇指气缸15带动切刀22切断预浸丝,切刀22刀口为平直刀口,在气缸控制下,刀口高速撞向砧板块10上的凹槽壁,完成预浸丝的剁断。

[0051] 预浸丝切断后,拇指气缸15控制切刀22缩回,此时预浸丝可以继续通过砧板块10内的丝束通道,继续进行接下来的打印流程。

[0052] 切刀位置与压实辊压实位置距离较小,为近程断丝,减少了丝束切断后打印丝束的无张力状态使得纤维出现偏转现象的产生。

[0053] 在本实施例中,多功能打印头可以实现直径0.4mm-1.2mm预浸丝的打印成形,通过更换不同内径的打印喷嘴实现。

[0054] 本实施例中,采用激光加热的形式对预浸丝材进行打印过程的实时预热,较传统加热块相比,热效率更高,可实现PPS、PEEK、PEKK等高温树脂基复合丝材的成形,且由于激光能量密度大,可以实现高打印速度的复合材料成形。

[0055] 在本实施例中,金属压实辊12表面涂敷有高温低表面张力涂层,以防止在打印压实过程中带起已沉积丝材上的树脂材料,避免造成最终复合材料构件出现树脂不均的情况。

[0056] 在本实施例中,切刀为平直刀口切刀,可以与金属内壁配合实现预浸丝的剁断,与传统切断相比,切口更平整,有利于预浸丝切断后的重送。

[0057] 在本实施例中,激光器的激光波长为976nm,光纤芯径为0.4mm,最大功率为40W,可以满足连续纤维预浸丝的高效加热熔融。

[0058] 本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述实施方式所公开的技术手段,还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。

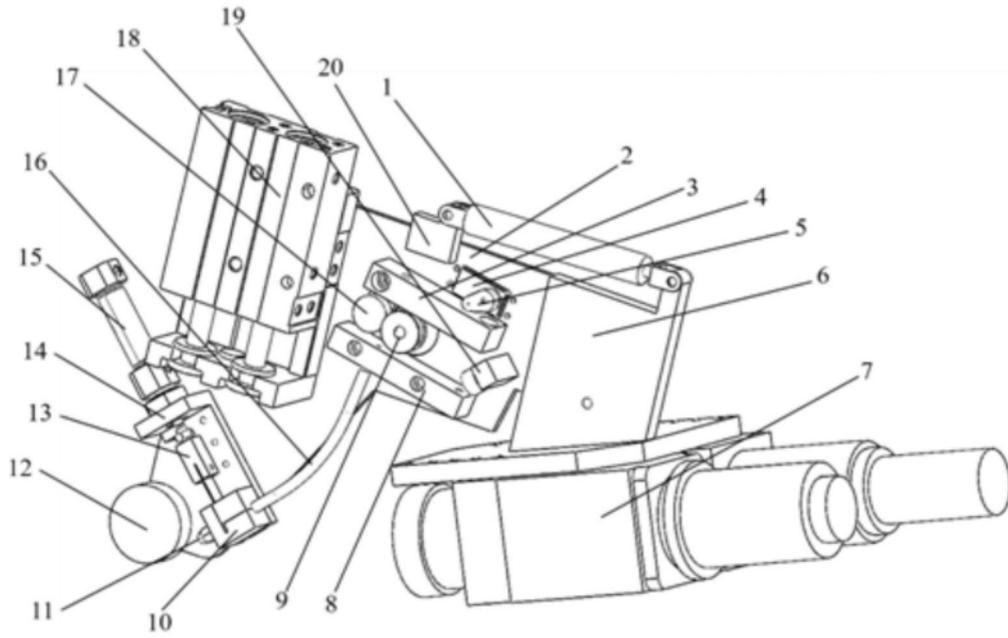


图1

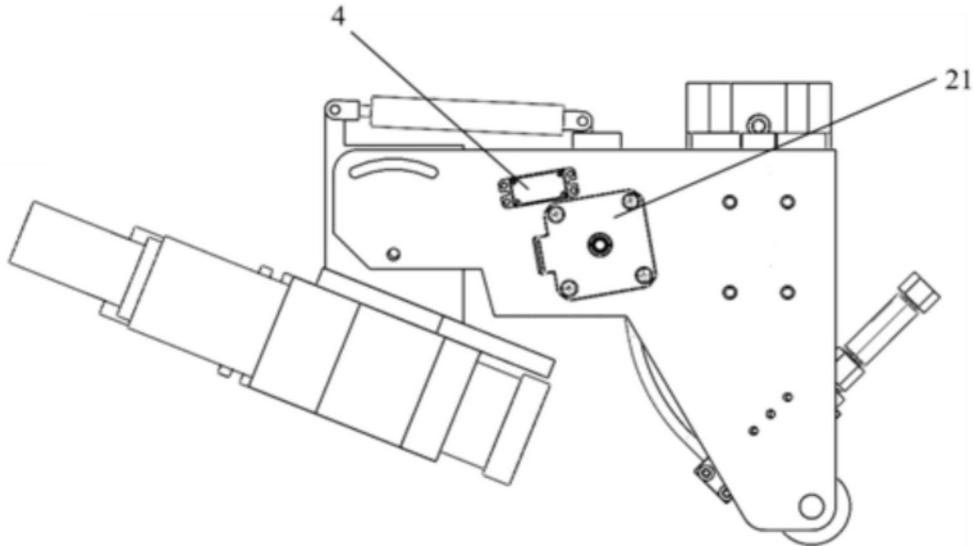


图2

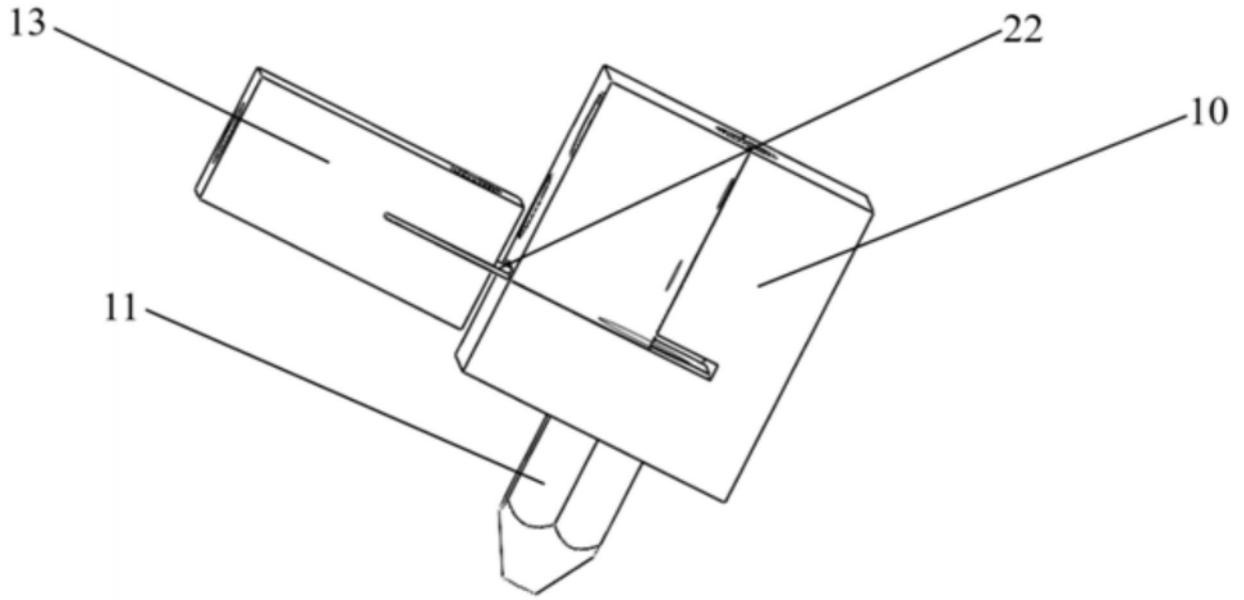


图3

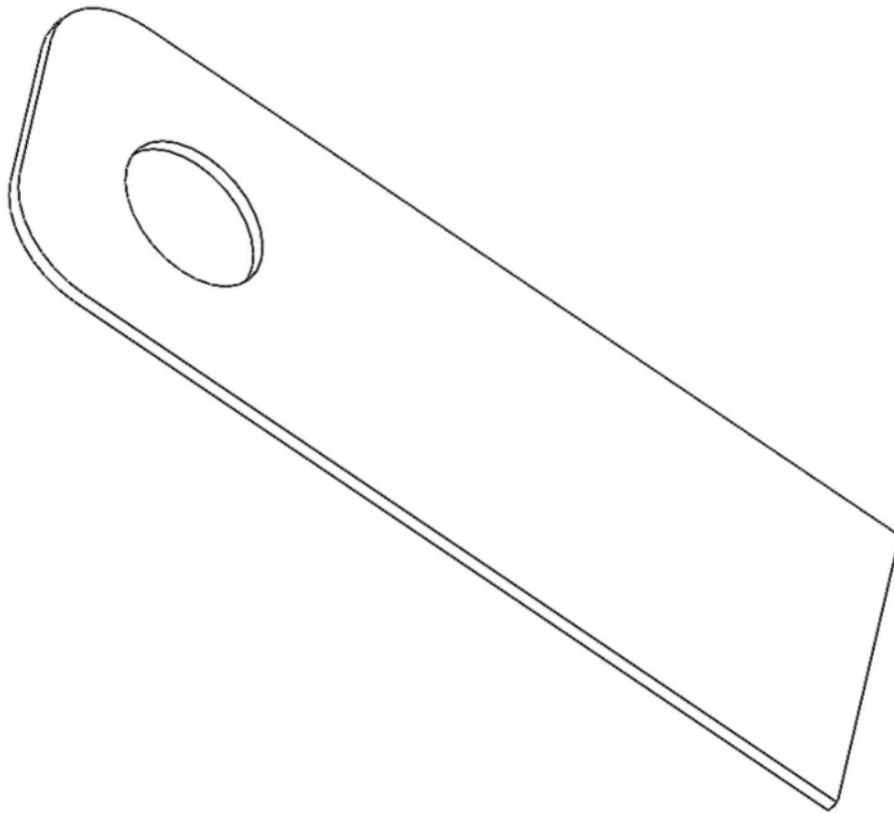


图4