



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107671288 B

(45)授权公告日 2020.01.24

(21)申请号 201710917246.9

B33Y 10/00(2015.01)

(22)申请日 2017.09.27

B33Y 30/00(2015.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B33Y 50/02(2015.01)

申请公布号 CN 107671288 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2018.02.09

CN 105345003 A,2016.02.24,

(73)专利权人 武汉大学

CN 106141439 A,2016.11.23,

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山
武汉大学

CN 106363171 A,2017.02.01,

CN 104404509 A,2015.03.11,

审查员 董琼

(72)发明人 刘胜 程佳瑞 张臣 张建强
李辉 郑怀

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 俞琳娟

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

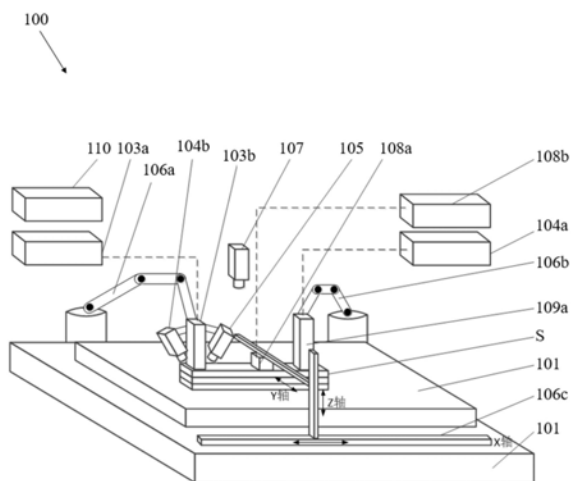
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

增材制造装置及方法

(57)摘要

本发明提供了一种增材制造装置及方法。本发明所提供的装置,其特征在于,包括:增材加工部;高速摄影部,包含:摄影头,与增材加工头同步运动,获得材料图像信息;红外测温部,包含:测温头,与增材加工头同步运动,获得材料温度分布信息;光学测量部,进行材料表面缺陷和成形尺寸的检测,获得检测信息;内部缺陷探测部,包含:探测头和探测分析器;后处理部,对材料缺陷区域采用相应的后处理方式进行加工处理消除缺陷;后处理方式包括:机械碾压处理、激光冲击强化处理、和搅拌摩擦加工处理中的至少一种;控制部,控制以上各部的运行,获取各种信息,并基于这些信息确定缺陷处理区域、后处理路径和后处理方式,控制后处理部进行相应后处理。



1. 一种增材制造装置,其特征在于,包括:

增材加工部,包含:高能束发生器和增材加工头,所述高能束发生器产生高能束,并传递给所述增材加工头,所述增材加工头按设定运动路径运动,并将待加工材料熔化以烧结制备沉积层;

高速摄影部,包含:摄影头,该摄影头与所述增材加工头同步运动,对材料加工成型情况进行图像拍摄,获得材料图像信息;

红外测温部,包含:测温头,该测温头与所述增材加工头同步运动,对材料的温度分布情况进行检测,获得材料温度分布信息;

驱动部,包含:第一机械臂、第二机械臂、以及三维运动机构;所述第一机械臂的前端用于安装所述增材加工头、所述摄影头和所述测温头,并且驱动所述增材加工头、所述摄影头和所述测温头同步运动;

光学测量部,进行材料表面缺陷和成形尺寸的检测,获得检测信息;

内部缺陷探测部,包含:探测头和探测分析器,所述探测头贴近沉积层进行面扫描,所述探测分析器根据所述探测头的扫描情况分析确定沉积层内部的缺陷类型和位置;

所述三维运动机构的运动端用于安装所述探测头,并且驱动该探测头运动;

后处理部,用于对材料缺陷区域采用相应的后处理方式进行加工处理,包括:后处理加工头,该后处理加工头能够移动至贴近材料缺陷区域上表面,并逐步对材料缺陷区域进行缺陷消除处理;所述后处理加工头包括机械滚轮、激光冲击头、和搅拌头,所述后处理方式包括:机械碾压处理、激光冲击强化处理、和搅拌摩擦加工处理中的至少一种后处理方式;

所述第二机械臂的前端用于安装所述后处理加工头,并且驱动该后处理加工头运动;

控制部,控制所述增材加工部、所述高速摄影部、所述红外测温部、所述第一机械臂、所述光学测量部、以及所述内部缺陷探测部的运行,获取所述材料图像信息、所述材料温度分布信息、所述检测信息、以及缺陷类型和位置信息,并基于这些信息判断是否存在缺陷和缺陷是否可消除,并在存在可消除的缺陷的情况下,确定缺陷处理区域、每个区域所对应的后处理路径和后处理方式,控制所述后处理部沿着相应的所述后处理路径,并采取相应的所述后处理方式分别对各个缺陷处理区域进行加工处理;在存在不可消除的缺陷的情况下,停止加工并报警。

2. 根据权利要求1所述的增材制造装置,其特征在于:

其中,所述控制部按照如下方式确定所述缺陷处理区域和所述后处理路径:

在材料缺陷为局部簇状分布的多缺陷或单个缺陷的情况下,用包含局部区域所有缺陷的最小圆周的直径 d 表示缺陷区域特征尺寸,所述缺陷处理区域为该圆所包含的区域,所述后处理路径为绕此区域最大直径为 d 的螺旋线,扫描起始位置为该螺旋线的中心点;

在材料缺陷为链状分布的多缺陷的情况下,用覆盖所有缺陷的长条状区域的长度 l 和宽度 w 表示缺陷区域特征尺寸,所述缺陷处理区域为该长条状区域,所述后处理路径为该长条状区域,扫描起始位置为长条状区域的端点之一。

3. 根据权利要求1所述的增材制造装置,其特征在于:

其中,所述控制部在不存在缺陷的情况下,控制各部进行后续沉积层的烧结、检测和后处理。

4. 根据权利要求3所述的增材制造装置,其特征在于:

其中,所述控制部在一层或多层沉积层被烧结后,控制所述增材加工头、所述高速摄像部、和所述红外测温部都停止工作,进一步控制所述第一机械臂将所述增材加工头、所述摄影头和所述测温头一起移动至烧结工作区域之外;

所述控制部在探测结束后,控制所述探测头停止工作,并控制所述三维运动机构将所述探测头移动至烧结工作区域之外进行复位;

所述控制部,还控制所述后处理部在所有缺陷都加工处理完成后停止工作,并控制所述第二机械臂将所述后处理加工头移动至烧结工作区域之外进行复位。

5. 根据权利要求4所述的增材制造装置,其特征在于:

其中,所述控制部控制各部循环进行沉积层的烧结、检测和后处理直至整个制造过程结束。

6. 根据权利要求1所述的增材制造装置,其特征在于,还包括:

基板,承载待加工材料,具有加热功能,对加工环境预热,抑制应力集中。

7. 一种增材制造方法,采用如权利要求1至6中任意一项所述的增材制造装置来进行增材制造,其特征在于:

采用增材加工部中的高能束发生器将高能束传递给增材加工头,并让所述增材加工头按设定运动路径进行运动,将所述待加工材料熔化以制备沉积层;

高速摄影部中的摄影头与所述增材加工头同步运动,对材料加工成型情况进行图像拍摄,获得材料图像信息;

同时,红外测温部中的测温头与所述增材加工头同步运动,对材料的温度分布情况进行检测,获得材料温度分布信息;

采用光学测量部进行材料表面缺陷和成形尺寸的检测,获得检测信息;

采用三维运动机构驱动内部缺陷探测部中的探测头贴近沉积层进行面扫描,并采用探测分析器根据所述探测头的扫描情况分析确定沉积层内部的缺陷类型和位置;

采用后处理部对材料缺陷区域采用相应的后处理方式进行加工处理,包括:采用第二机械臂驱动后处理加工头移动至贴近材料缺陷区域上表面,并逐步对材料缺陷区域进行缺陷消除处理;

采用控制部控制所述增材加工部、所述高速摄影部、所述红外测温部、所述第一机械臂、所述光学测量部、以及所述内部缺陷探测部的运行,获取所述材料图像信息、所述材料温度分布信息、所述检测信息、以及缺陷类型和位置信息,并基于这些信息判断是否存在缺陷和缺陷是否可消除,并在存在可消除的缺陷的情况下,确定缺陷处理区域、每个区域所对应的后处理路径和后处理方式,控制所述后处理部沿着相应的所述后处理路径,并采取相应的所述后处理方式分别对各个缺陷处理区域进行加工处理;在存在不可消除的缺陷的情况下,停止加工并报警。

增材制造装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于金属材料的增材制造领域,具体涉及一种增材制造装置,和采用该装置来进行增材制造的方法。

背景技术

[0002] 增材制造技术是根据产品三维模型,利用离散堆积原理,实现快速成形制造的技术,可以直接制造各种材料的复杂零部件,具有广泛的工业应用前景。但是,增材制造具有熔池温度高、快速凝固、温度梯度大的特点,这会导致成形工件内部形成较高的残余应力和冶金缺陷,导致变形,降低机械性能,特别是疲劳性能,影响了使用性能。上述现象在复杂、大型构件制造过程中尤为突出,是金属等材料的增材制造技术面临的主要技术瓶颈,阻碍了金属增材制造技术的工业化应用。针对上述难题的目前解决技术大多集中在工艺参数优化方面,工艺优化具有一定的改善效果,无法从根本上解决问题。对缺陷进行直接测量,并实时消除缺陷,直接提高部件的性能,是解决此类问题的根本解决办法。

[0003] 通过在线无损检测,实时监测缺陷分布情况,为优化后续工艺提供参考,是提高加工质量的重要途径。现有的缺陷测量技术较多,如X射线无损检测技术、中子衍射检测技术、超声检测技术等,但是应用在增材制造过程中的较少,且大多是离线测量。仅有的几种增材在线监测技术(201710418485.X、201610436562.X)则仅仅局限在判断是否存在缺陷,对于已存缺陷的后续消除则无明确的技术路线。增材制造成本还比较高昂,存在缺陷的试样基本等同于报废,所以,检测出缺陷后,采用后处理方法消除缺陷,是提高增材制造质量,制造合格部件的根本途径。

[0004] 201010147632.2专利将机械滚压方法与等离子弧增材制造结合,应用机械接触力直接作用于沉积层,改善应力和变形,精确控制沉积层形貌。该技术具有成本低的优势,但是不能对材料产生较明显的强化作用。短脉冲激光冲击强化技术能在作用构件表面产生加工硬化层和诱导残余压应力,作用深度可达几个毫米,同时衍生的动态应变时效效应使得材料内部产生高密度位错和析出相,形成钉扎位错,提高材料机械性能。由于激光束作用范围小,该加工方法具有加工位置精确、作用范围较小的特点。201610661086 .1已经提出在选择性激光烧结(SLM)中应用该技术。但是,上述两个种技术是未针对缺陷存在的局部区域进行处理,而是对整个沉积层整体式处理,使得加工时间大大延长,极大的降低了增材制造效率。另有一种从搅拌摩擦焊接衍生而来的搅拌摩擦处理技术,通过搅拌使材料产生热塑性流动,抑制气孔和裂纹等界面缺陷,并形成重结晶作用,细化晶粒尺寸,提高机械性能。采用较大尺寸搅拌头时,该技术加工面积大,加工效率相对较高。因此,机械滚压、激光冲击强化和表面搅拌处理技术可用来优化金属构件成形和组织性能,提高构件表面硬度、耐磨性、抗腐蚀性能和疲劳寿命。以上技术都是独立发展的,将缺陷的检测技术、激光冲击强化或表面搅拌摩擦技术综合、有机的运用到增材制造中,并选择性的对缺陷局部区域进行后处理的方法和装备还未出现。

发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述课题而进行的,目的在于提供一种高效高质的增材制造装置,和采用该装置来进行增材制造的方法。

[0006] 本发明为了实现上述目的,采用了以下方案。

[0007] <增材制造装置>

[0008] 本发明提供一种增材制造装置,其特征在于,包括:增材加工部,包含:高能束发生器和增材加工头,高能束发生器产生高能束,并传递给增材加工头,增材加工头按设定运动路径运动,并将待加工材料熔化以烧结制备沉积层;高速摄影部,包含:摄影头,该摄影头与增材加工头同步运动,对材料加工成型情况进行图像拍摄,获得材料图像信息;红外测温部,包含:测温头,该测温头与增材加工头同步运动,对材料的温度分布情况进行检测,获得材料温度分布信息;驱动部,包含:第一机械臂、第二机械臂、以及三维运动机构;第一机械臂的前端用于安装增材加工头、摄影头和测温头,并且驱动增材加工头、摄影头和测温头同步运动;光学测量部,进行材料表面缺陷和成形尺寸的检测,获得检测信息;内部缺陷探测部,包含:探测头和探测分析器,探测头贴近沉积层进行面扫描,探测分析器根据探测头的扫描情况分析确定沉积层内部的缺陷类型和位置;三维运动机构的运动端用于安装探测头,并且驱动该探测头运动;后处理部,用于对材料缺陷区域采用相应的后处理方式进行加工处理,包括:后处理加工头,该后处理加工头能够移动至贴近材料缺陷区域上表面,并逐步对材料缺陷区域进行缺陷消除处理;后处理方式包括:机械碾压处理、激光冲击强化处理、和搅拌摩擦加工处理中的至少一种后处理方式;第二机械臂的前端用于安装后处理加工头,并且驱动该后处理加工头运动;控制部,控制增材加工部、高速摄影部、红外测温部、第一机械臂、光学测量部、以及内部缺陷探测部的运行,获取材料图像信息、材料温度分布信息、检测信息、以及缺陷类型和位置信息,并基于这些信息判断是否存在缺陷和缺陷是否可消除,并在存在可消除的缺陷的情况下,确定缺陷处理区域、每个区域所对应的后处理路径和后处理方式,控制后处理部沿着相应的后处理路径,并采取相应的后处理方式分别对各个缺陷处理区域进行加工处理;在存在不可消除的缺陷的情况下,停止加工并报警。

[0009] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:控制部让测试员输入待加工材料的材料类型,并且基于材料类型按照如下方式确定后处理方式:在材料类型属于金属材料,并且沉积层宽度大于2mm的情况下,采用机械碾压处理方式,控制后处理加工头中的机械滚轮对沉积层的表面施加机械力的作用,使表面平整,压实内部孔隙缺陷,机械滚轮的行走速度为0.5~5 m/min,下压压强大于材料的屈服强度;在材料类型属于高强度金属材料的情况下,采用激光冲击强化处理方式,控制后处理加工头中的激光冲击头的约束层覆盖平整沉积层,激光束透过约束层产生等离子体冲击波,冲击沉积层,使材料产生塑性变形,消除沉积层内部的孔隙缺陷和应力集中,并强化沉积层材料,激光冲击头的行走速度范围0.5~5m/min,激光功率密度为0.5~5 GW/cm²;在材料类型属于低强度有色金属材料情况下,采用搅拌摩擦加工处理方式,控制后处理加工头中的搅拌头搅拌材料,消除内部几何形状类缺陷,搅拌头转速:铝合金/镁合金为1500~2000转/分,铜合金为2000~3000转/分,搅拌深度等于沉积层深度;在其它情况下,选用机械碾压处理方式。

[0010] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:在采用搅拌摩擦加工处理方式的情况下,当沉积层厚度小于5mm时,对于铝合金镁合金材料,搅拌头的加工行走速

度不超过0.8m/min,对于铜合金材料,搅拌头的加工行走速度不超过0.5m/min。

[0011] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:在采用机械碾压方式不能消除沉积层缺陷,沉积层上表面平面度误差大于1mm,并且材料为钛合金、高强钢、或高温合金的情况下,进一步采用激光冲击强化处理方式;在采用机械碾压方式不能消除沉积层缺陷,沉积层上表面平面度误差大于1mm,并且材料为铝合金、镁合金、或铜合金的情况下,进一步采用搅拌摩擦加工处理方式。

[0012] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:控制部按照如下方式确定缺陷处理区域和后处理路径:在材料缺陷为局部簇状分布的多缺陷或单个缺陷的情况下,用包含该局部区域所有缺陷的最小圆周的直径 d 表示缺陷区域特征尺寸,缺陷处理区域为该圆所包含的区域,后处理路径为绕此区域最大直径为 d 的螺旋线,扫描起始位置为该螺旋线的中心点;在材料缺陷为链状分布的多缺陷的情况下,用覆盖局部区域所有缺陷的长条状区域的长度 l 和宽度 w 表示缺陷区域特征尺寸,缺陷处理区域为该长条状区域,后处理路径为该长条状区域,扫描起始位置为长条状区域的端点之一。

[0013] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:控制部在不存在缺陷的情况下,控制各部进行后续沉积层的烧结、检测和后处理。

[0014] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:控制部在一层或多层沉积层被烧结后,控制增材加工头、高速摄像部、和红外测温部都停止工作,进一步控制第一机械臂将增材加工头、摄影头和测温头一起移动至烧结工作区域之外;控制部在探测结束后,控制探测头停止工作,并控制三维运动机构将探测头移动至烧结工作区域之外进行复位;控制部,还控制后处理部在所有缺陷都加工处理完成后停止工作,并控制第二机械臂将后处理加工头移动至烧结工作区域之外进行复位。

[0015] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以具有这样的特征:控制部控制各部循环进行沉积层的烧结、检测和后处理直至整个制造过程结束。

[0016] 本发明所涉及的增材制造装置,还可以包括:基板,承载待加工材料,具有加热功能,对加工环境预热,抑制应力集中。

[0017] <增材制造方法>

[0018] 本发明还提供了一种增材制造方法,采用如权利要求1至9中任意一样的增材制造来进行增材制造,其特征在于:

[0019] 采用增材加工部中的高能束发生器将高能束传递给增材加工头,并让增材加工头按设定运动路径进行运动,将待加工材料熔化以制备沉积层;高速摄影部中的摄影头与增材加工头同步运动,对材料加工成型情况进行图像拍摄,获得材料图像信息;同时,红外测温部中的测温头与增材加工头同步运动,对材料的温度分布情况进行检测,获得材料温度分布信息;采用光学测量部进行材料表面缺陷和成形尺寸的检测,获得检测信息;采用三维运动机构驱动内部缺陷探测部中的探测头贴近沉积层进行面扫描,并采用探测分析器根据探测头的扫描情况分析确定沉积层内部的缺陷类型和位置;采用后处理部对材料缺陷区域采用相应的后处理方式进行加工处理,包括:采用第二机械臂驱动后处理加工头移动至贴近材料缺陷区域上表面,并逐步对材料缺陷区域进行缺陷消除处理;采用控制部控制增材加工部、高速摄影部、红外测温部、第一机械臂、光学测量部、以及内部缺陷探测部的运行,获取材料图像信息、材料温度分布信息、检测信息、以及缺陷类型和位置信息,并基于这些

信息判断是否存在缺陷和缺陷是否可消除,并在存在可消除的缺陷的情况下,确定缺陷处理区域、每个区域所对应的后处理路径和后处理方式,控制后处理部沿着相应的后处理路径,并采取相应的后处理方式分别对各个缺陷处理区域进行加工处理;在存在不可消除的缺陷的情况下,停止加工并报警。

[0020] 发明的作用与效果

[0021] 1) 本发明实现了在加工过程中的缺陷在线检测-反馈控制-选择性后处理,可以保证加工后的构件内部冶金缺陷和变形被控制在合理范围内,大大提高加工构件的成品率;

[0022] 2) 本发明通过对增材沉积层缺陷集中区域进行选择性的机械碾压、激光冲击强化或搅拌摩擦加工处理,减少或消除了沉积层内部的缺陷,大幅减少了构件在加工过程中的缺陷、变形和开裂产生的可能性,保证了构件的质量和尺寸精度,同时由于选择性的特征,减少了后处理的时间,可以提高加工效率;

[0023] 3) 本发明通过对增材沉积层进行实时的机械滚压、激光冲击强化或搅拌摩擦加工处理,利用机械碾压产生的塑性变形,使沉积层表面平整,利用激光冲击强化的动态应变时效效应,在沉积层内部产生了高密度的位错,促进第二强化相析出,或利用搅拌摩擦加工的重结晶效应细化晶粒,提高了加工构件的机械性能。

附图说明

[0024] 图1是本发明实施例涉及的增材制造装置的结构框图;

[0025] 图2是本发明实施例涉及的增材制造装置的结构示意图;

[0026] 图3是本发明实施例涉及的簇状分布缺陷的扫描路径示意图;

[0027] 图4是本发明实施例涉及的链状分布缺陷的扫描路径示意图。

具体实施方式

[0028] 以下参照附图对本发明所涉及的增材制造装置及方法作详细阐述。

[0029] <实施例>

[0030] 如图1所示,增材制造装置100包括:工作台101、基板102、增材加工部103、高速摄影部104、红外测温部105、驱动部106、光学测量部107、内部缺陷探测部108、后处理部109、以及控制部110。

[0031] 如图2所示,基板102放置在工作台101上,用于承载待加工材料,具有加热功能,对加工环境进行预热,抑制应力集中。

[0032] 增材加工部103包含:高能束发生器103a和增材加工头103b。高能束发生器103a能够产生高能束,并传递给增材加工头103b;增材加工头103b按设定运动路径运动,在运动过程中熔化待加工材料,烧结形成所需形状和尺寸的沉积层S。这里,高能束发生器103a可以为激光器、电子束发生装置、电弧电源、等离子弧电源;相应的,增材加工头103b对应为激光光学加工头、电磁透镜、电弧焊枪、等离子弧焊枪。本实施例中,增材加工头103b还包括填充材料的装置,如填丝装置或送粉装置。

[0033] 高速摄影部104用于检测熔池形态,它包含:摄影头104a和图像处理传输器。摄影头104a与增材加工头103b同步运动,对材料加工成型情况进行图像拍摄;图像处理传输器对拍摄数据进行处理并将处理后的材料图像信息传送给控制部110。

[0034] 红外测温部105用于检测熔池温度,它包含:测温头和处理传输器。测温头与增材加工头103b同步运动,对材料的温度分布情况进行检测;温度处理传输器对检测到的数据进行处理并将处理后的材料温度分布信息传送给控制部110。

[0035] 驱动部106包含:第一机械臂106a、第二机械臂106b、以及三维运动机构106c。第一机械臂106a和第二机械臂106b均安装在工作台101的侧旁,它们的前端都能够进行自由运动并覆盖整个工作台101。三维运动机构106c安装在工作台101的侧部上,运动端能够覆盖整个工作台101进行自由运动。

[0036] 第一机械臂106a的前端用于安装增材加工头103b、摄影头104a和测温头,并且驱动增材加工头103b、摄影头104a和测温头同步运动。

[0037] 光学测量部107固定安装在基板102上方,并且朝向沉积层S,用于进行材料表面缺陷和成形尺寸的检测,获得检测信息。

[0038] 内部缺陷探测部108用于对材料内部缺陷进行探测,它包含:探测头108a、探测发生器108b以及探测分析传输器。探测头108a贴近沉积层S进行面扫描;探测发生器108b将能量传送给探测头108a;探测分析传输器根据探测头108a的扫描情况分析确定沉积层S内部的缺陷类型和位置,并将缺陷类型和位置信息发送给控制部110。这里,探测头108a为超声或X射线探头,相应的,探测发生器108b超声或X射线发生器。

[0039] 三维运动机构106c的运动端用于安装探测头108a,并且驱动该探测头108a运动;

[0040] 后处理部109用于对材料缺陷区域采用相应的后处理方式进行处理,包括:后处理加工头109a和后处理装置。后处理加工头109a能够移动至贴近材料缺陷区域上表面,并逐步对材料缺陷区域进行后处理以消除缺陷,本实施例中,后处理加工头109a包含:机械滚轮、激光冲击头、以及搅拌头三种加工头,每次处理时,根据处理方式选择其中一种加工头;后处理装置用于给后处理加工头109a提供能量,它包括电源、脉冲激光器、以及机械装置;这里,后处理方式包括:机械碾压处理、激光冲击强化处理、和搅拌摩擦加工处理中的至少一种后处理方式,并且可以自动切换。

[0041] 第二机械臂106b的前端用于安装后处理加工头109a,并且驱动后处理加工头109a运动;

[0042] 控制部110与增材加工部103、高速摄影部104、红外测温部105、第一机械臂106a、光学测量部107、以及内部缺陷探测部108相通讯连接,用于控制它们的运行,获取材料图像信息、材料温度分布信息、检测信息、以及缺陷类型和位置信息,并基于这些信息判断是否存在缺陷和缺陷是否可消除,在存在可消除的缺陷的情况下,确定缺陷处理区域、每个区域所对应的后处理路径和后处理方式,控制后处理部109沿着相应的后处理路径,并采取相应的后处理方式分别对各个缺陷处理区域进行加工处理;在存在不可消除的缺陷的情况下,停止加工并报警。本实施例中,控制部110为计算机,它能够实时显示加工状况信息,并让操作者输入或选择相应的信息,即、通过控制部110可以设定被其控制的各设备的工艺参数及其工作流程。

[0043] 基于以上结构,采用增材制造装置100来进行增材制造的方法为:

[0044] (1) 高能束发生器103a产生高能束,并将能量传递至增材加工头103b,通过增材加工头103b熔化材料形成熔池,在第一机械臂106a的驱动下,增材加工头103b按设定运动路径运动,沉积层S逐步形成,根据运动路径的不同得到不同形状的沉积层S;

[0045] (2) 在烧结过程中,第一机械臂106a驱动摄影头104a和测温头随着增材加工头103b同步进行熔池运动,对材料加工成型情况进行图像拍摄,获得材料图像信息,同时,对材料的温度分布情况进行检测,获得材料温度分布信息,由图像处理传输器和温度处理传输器将这些信息反馈至控制部110;

[0046] (3) 烧结一层或多层后,增材加工头103b、摄影头104a和测温头停止工作,并随第一机械臂106a移动至烧结工作区域之外;

[0047] (4) 光学测量部107进行表面缺陷和成形尺寸的检测,并将检测到的材料温度分布信息反馈至控制部110;

[0048] (5) 内部缺陷探测部108开始工作,探测头108a在三维运动机构106c的驱动下贴近沉积层S进行面扫描,探测分析器根据扫描情况分析确定沉积层S内部的缺陷类型和位置确定,并将这些信息反馈至控制部110;

[0049] (6) 检测完成后,探测头108a停止工作,并随三维运动机构106c移动至烧结工作区域之外;

[0050] (7) 控制部110综合分析沉积层S缺陷形态和具体位置,根据缺陷尺寸和数量判断是否可消除。如可消除,确定缺陷位置,规划后处理加工头109a的扫描路径(后处理路径)、扫描范围(缺陷处理区域)及后处理方式及工艺参数,从而执行后处理工序。如不能消除,停止加工并报警。若无缺陷,则进行下一层的烧结。如为孔隙类缺陷,当其尺寸超过后处理加工头109a的有效工作尺寸时,则判定尺寸不能消除,停止加工并报警;如为小尺寸的孔隙或裂纹等缺陷,则进行下一步后处理加工过程;

[0051] (8) 控制部110确定最优的后处理扫描路径和扫描范围:如图3所示,在材料缺陷为局部簇状分布的多缺陷或单个缺陷,用包含该局部区域所有缺陷的最小圆周的直径 d 表示缺陷区域特征尺寸,扫描区域位置即为该圆包含的区域,扫描路径为绕此区域最大直径为 d 的螺旋线,扫描起始位置为螺旋线的中心点;如图4所示,链状分布的多缺陷,用覆盖局部区域所有缺陷的长条状区域的长度 l 和宽度 w 表示缺陷区域特征尺寸,扫描区域位置为该长条状区域,扫描路径即为此长条状区域,扫描起始位置为长条状区域的端点之一。

[0052] (9) 控制部110根据如下分类确定最优的后处理方式和工艺参数:

[0053] 1 机械碾压技术:适用于全部金属,同时适用于中大尺寸沉积层S,如宽度大于2mm的沉积层S,工作过程:机械滚轮对沉积表面施加机械力的作用,使表面平整,压实内部孔隙缺陷;参数选择如下:1) 加工头行走速度范围0.5~5 m/min;2) 加工头下压压强:取决于材料种类,一般应大于材料的屈服强度;

[0054] 1 激光冲击强化处理技术:钛合金、高温合金、高强钢等高强度材料,沉积层S宽度小于0.5mm;工作过程:激光冲击头的约束层覆盖平整沉积层S,脉冲激光器工作,激光束透过约束层产生等离子体冲击波,冲击沉积层S,使材料产生塑性变形,消除沉积层S内部的孔隙缺陷和应力集中,并强化沉积层S材料;工艺参数如下:1) 加工头行走速度范围0.5~5m/min;2) 激光能量参数:0.5~5 GW/cm²;

[0055] 1 表面搅拌摩擦处理技术:铝合金、镁合金、铜合金等低强度有色金属材料,同时适用于厚壁结构,如沉积层S宽度大于5mm,且表面平整,参数选择如下:1) 搅拌头转速:铝合金/镁合金1500~2000转/分,铜合金2000~3000转/分;2) 搅拌深度:完全取决于沉积层S深度,沉积层S深度是多少搅拌深度就是多少,在本技术中一般小于5mm;

[0056] 3) 加工头行走速度:取决于沉积层S深度和材料类型,一般而言,沉积层S厚度小于5mm时,铝合金镁合金最大可达0.8m/min,铜合金最大可达0.5m/min;

[0057] 1 复合式后处理方式:

[0058] a) 机械碾压+激光冲击强化方法:钛合金、高强钢、高温合金,机械碾压不能消除沉积层S全部缺陷、沉积层S上表面平面度误差大于1mm,加工过程为先机械碾压,然后激光冲击;

[0059] b) 机械碾压+表面搅拌摩擦处理方法:铝合金、镁合金、铜合金,机械碾压不能消除沉积层S全部缺陷、沉积层S上表面平面度误差大于1mm;加工过程为先机械碾压,然后表面搅拌摩擦处理;

[0060] (10) 后处理工序具体过程为:后处理加工头109a在第二机械臂106b驱动下移动至贴近沉积层S上表面,后处理加工头109a按照(8)和(9)中确定的方案逐步扫描冲击沉积层S,并进行后处理,直至将沉积层S缺陷区域全部表面全部加工完毕,然后,后处理加工头109a随第二机械臂106b复位;

[0061] (11) 增材加工头103b运动至沉积层S上方,开始下一层沉积层S的加工,循环上述过程,直至加工完成。

[0062] 以上说明对本发明而言只是说明性的,而非限制性的,本领域普通技术人员的理解,在不脱离权利要求所限定的精神和范围的情况下,可根据上述揭示内容做出变更、修饰或等效,但都将落入本发明的保护范围内。

[0063] 如上,本方案将在线无损检测技术和选择性后处理方法引入增材制造工艺中,通过有机结合形成新型的增材制造方法和装备,有力的解决增材制造缺陷和材料性能难题,同时具有较短的加工工艺时间,可以突破金属增材制造技术瓶颈,实现高质高效的增材制造。

[0064] 以上实施例仅仅是对本发明技术方案所做的举例说明。本发明所涉及的增材制造装置及方法并不仅仅限定于在以上实施例中所描述的结构,而是以权利要求所限定的范围为准。本发明所属领域技术人员在该实施例的基础上所做的任何修改或补充或等效替换,都在本发明所要求保护的范围内。

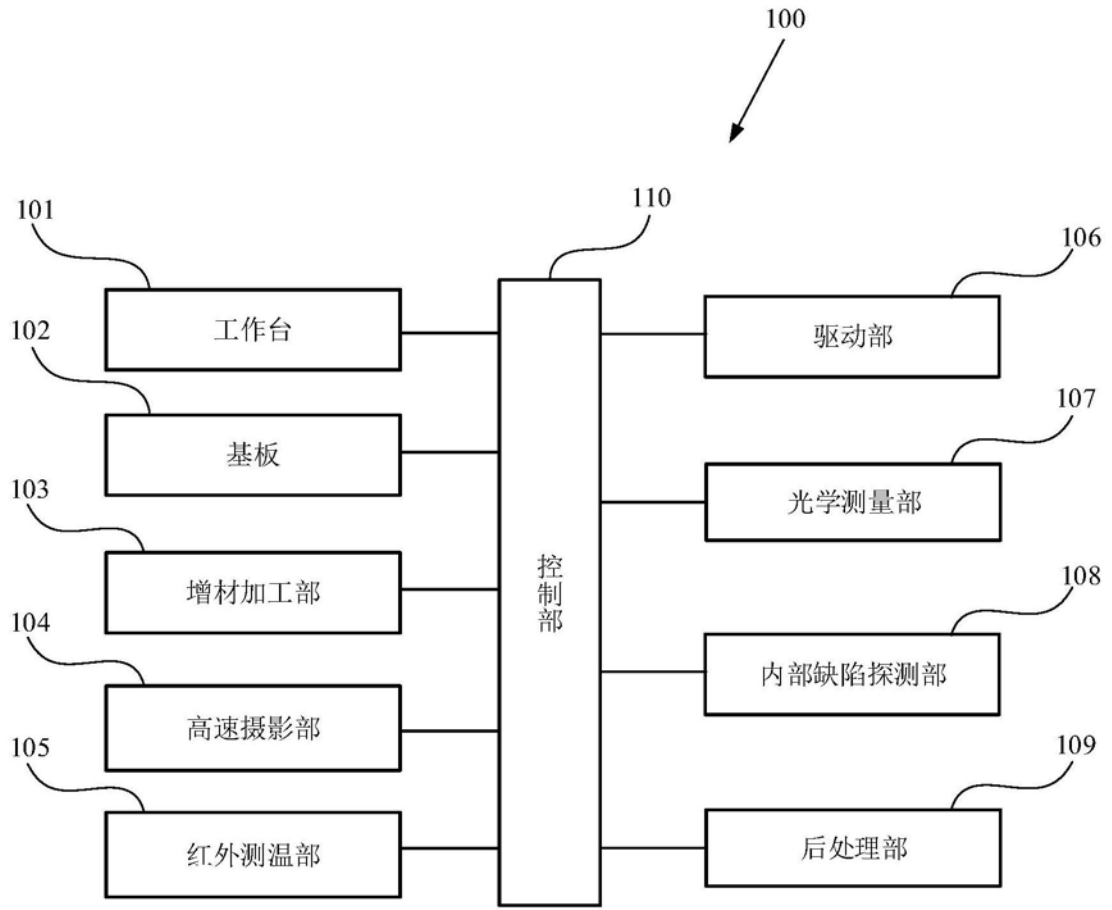


图1

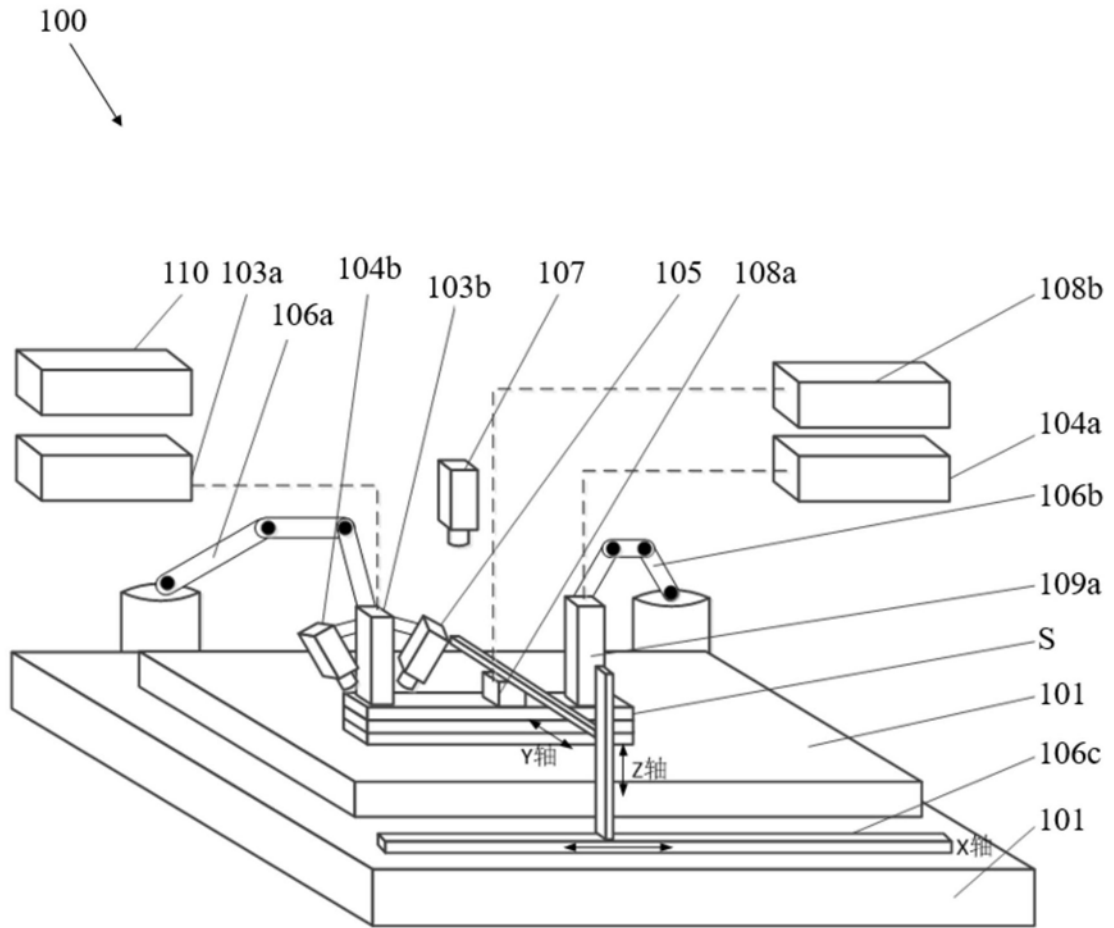


图2

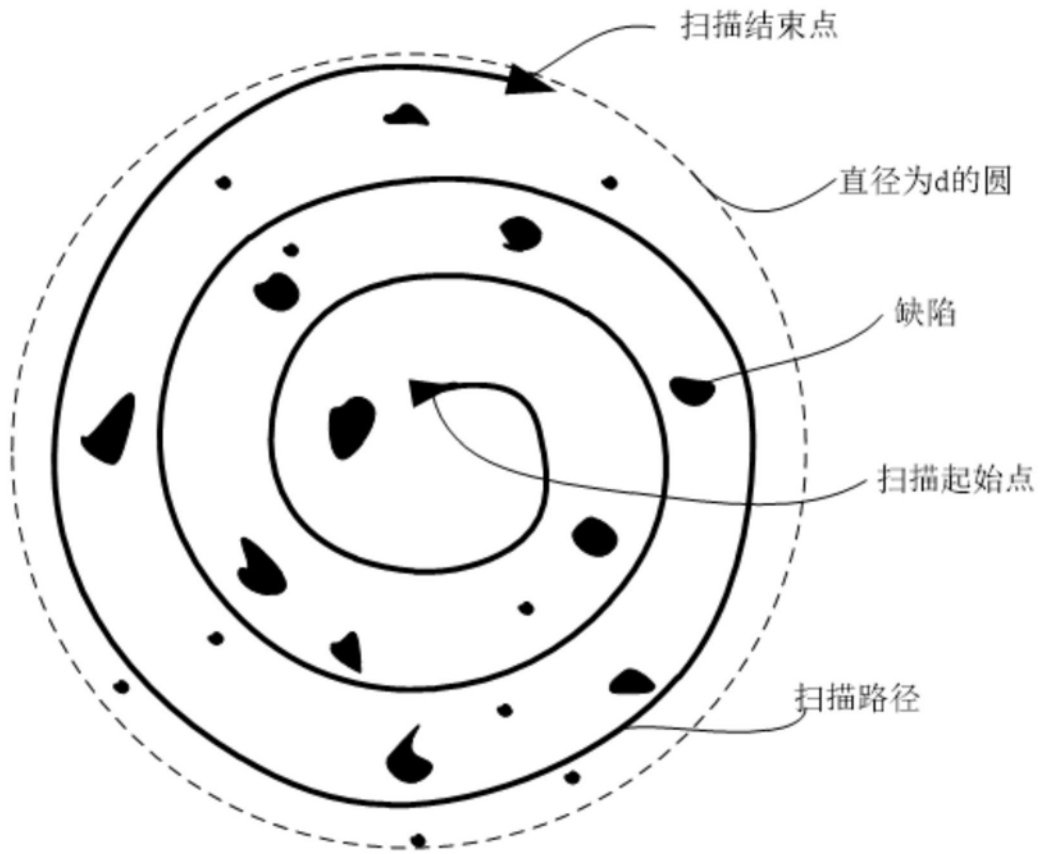


图3

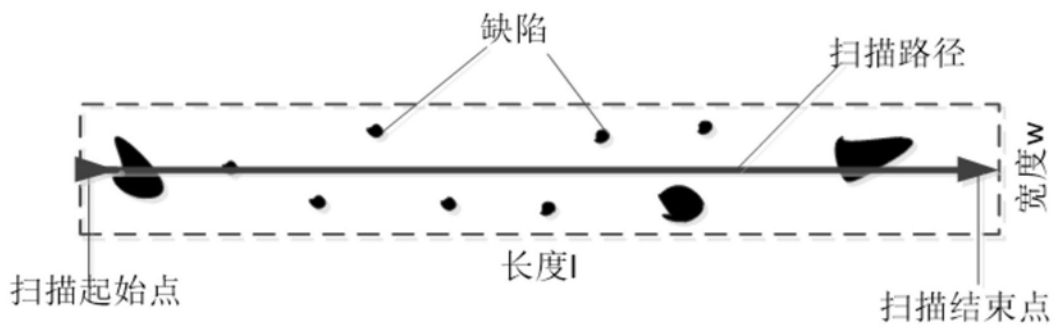


图4