



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109226755 B

(45)授权公告日 2020.01.24

(21)申请号 201811200310.2

(22)申请日 2018.10.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109226755 A

(43)申请公布日 2019.01.18

(73)专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路  
301号

(72)发明人 任旭东 童照鹏 焦加飞 周王凡  
陈兰

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B33Y 30/00(2015.01)

B33Y 10/00(2015.01)

审查员 高港

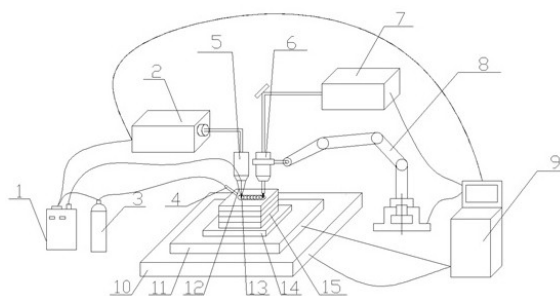
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

提高增材构件沉积层间结合强度的增材制造装置和方法

(57)摘要

本发明涉及激光增材制造技术领域,特指一种提高增材构件沉积层间结合强度的增材制造装置和方法,包括激光增材制造模块,激光微织构毛化加工模块,移动平台,加热底板和控制计算机。本发明通过激光增材模块和激光微织构毛化加工模块交替工作,实现在激光增材加工过程中,对已沉积层表面进行激光微织构毛化处理,构造出沉积层表面凹凸间隔分布、润湿性良好的织构形貌,以此来提高后续沉积层与前置沉积层之间的结合强度,并且能够消除增材构件内部残余应力,提高激光增材构件的力学性能,延长其服役寿命。



1. 一种提高增材构件沉积层间结合强度的激光增材制造方法,其特征在于,包含以下步骤:S1 对基材进行预处理,打磨清洗烘干之后,放置在移动平台(10)的指定位置,将增材粉末球磨烘干处理后,放入送粉器(1)中,打开加热底板(11)对基材进行预热;S2 在控制计算机中建立增材构件的三维模型,并对其进行切片处理,获得构件的剖面轮廓信息,编制连续激光器激光头(5)和飞秒激光器激光头(6)的扫描路径程序;编制连续激光器激光头(5)和飞秒激光器激光头(6)的扫描路径程序时,要求连续激光器激光头(5)和飞秒激光器激光头(6)进行加工时有时间差,确保已沉积层的表面经过微织构毛化处理,再进行后续层的沉积加工,并且最后一层沉积层不需要进行毛化处理;S3 根据程序指令,机械手臂(8)将飞秒激光器激光头(6)送至起始点,对基材表面进行微织构毛化处理;飞秒激光器的参数为:中心波长为1030 nm,最大输出功率80 W,最大脉冲输出能量160  $\mu$ J,最大脉宽为300 fs;S4 打开连续激光器激光头(5),根据程序指令,进行单层沉积加工;飞秒激光器激光头(6)对所制备沉积层表面进行微织构毛化处理;单层沉积加工结束后,连续激光器激光头(5)对已毛化区域继续逐层沉积加工,沉积加工和毛化处理依次循环交替运行;激光逐层沉积过程中,连续激光发生器的激光功率为800-1600 W,光斑直径为2-5 mm,扫描速度为600-1500 mm/s,搭接率为20-60 %。

## 提高增材构件沉积层间结合强度的增材制造装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及激光增材制造加工领域,特指一种提高增材构件沉积层间结合强度的激光增材制造方法和装置。

### 背景技术

[0002] 激光增材制造(laser additive manufacturing,俗称3D打印),以合金粉末或丝材为原料,通过高密度激光原位冶金熔化/快速凝固逐层堆积,直接从零件数字模型一步完成全致密、高性能大型复杂金属结构件的成形制造技术,与传统金属构件的制造技术相比,它具有以下优点:(1)加工效率高,制造流程短;(2)构件具有晶粒细小、成分均匀、组织致密等优点;(3)制造柔性化程度高,不受复杂结构的限制;(4)激光能量密度高,可实现各种难熔、难加工金属的快速成型加工。

[0003] 但是,激光增材制造为逐层堆积制造,沉积层之间的结合强度低是激光增材制造过程中无法回避的一个问题,而且由于其“快冷快热”的特性,构件内部尤其是沉积层结合区域通常会产生气孔、微裂纹、不完全熔解等缺陷,而且沉积层之间较大的温度梯度会在结合区域产生较大的残余应力,使构件发生翘曲和变形,严重影响构件的力学性能。为解决沉积层之间结合强度的低的问题,通常会选用喷砂处理的方法对每个沉积层表面进行喷砂打磨处理,以提高结合强度,但是喷砂打磨处理加工效率低,精度差,甚至还会产生额外的表面缺陷,并且还受大型构件设计结构的限制。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是针对激光增材制造构件沉积层之间的结合强度低,构件内部尤其是沉积层结合区域通常会产生气孔、微裂纹、不完全熔解等缺陷,提供一种提高增材构件沉积层间结合强度的增材制造装置和方法。

[0005] 为实现上述发明目的,本发明采取的技术方案为:一种提高增材构件沉积层间结合强度的增材制造装置,包括移动平台,所述移动平台上安装有加热底板,基材位于所述加热底板上,所述基材上方设有连续激光器激光头和飞秒激光器激光头,所述连续激光器激光头上安装有喷气嘴,所述喷气嘴与氩气气瓶连接,所述连续激光器激光头分别与连续激光发生器和送粉器连接,所述飞秒激光器激光头安装在机械手臂上,所述飞秒激光器激光头与飞秒激光器连接。

[0006] 上述方案中,所述移动平台、所述加热底板、所述送粉器、所述连续激光发生器、所述飞秒激光器和所述机械手臂均与控制计算机连接。

[0007] 上述方案中,所述连续激光器激光头为光内同轴送粉激光头。

[0008] 本发明还提供了一种提高增材构件沉积层间结合强度的激光增材制造方法,包含以下步骤:S1 对基材进行预处理,打磨清洗烘干之后,放置在移动平台上,将增材粉末球磨烘干处理后,放入送粉器中,打开加热底板对基材进行预热;S2 在控制计算机中建立增材构件的三维模型,并对其进行切片处理,获得构件的剖面轮廓信息,编制连续激光器激光头

和飞秒激光器激光头的扫描路径程序；S3 根据程序指令，机械手臂将飞秒激光器激光头送至起始点，对基材表面进行微织构毛化处理；S4 打开连续激光器激光头，根据程序指令，进行单层沉积加工；飞秒激光器激光头对所制备沉积层表面进行微织构毛化处理；单层沉积加工结束后，连续激光器激光头对已毛化区域继续逐层沉积加工，沉积加工和毛化处理依次循环交替运行。

[0009] 上述方案中，步骤S2中，编制连续激光器激光头和飞秒激光器激光头的扫描路径程序时，要求连续激光器激光头和飞秒激光器激光头进行加工时有时间差，确保已沉积层的表面经过微织构毛化处理后，再进行后续层的沉积加工，并且最后一层沉积层不需要进行毛化处理。

[0010] 上述方案中，步骤S3中，飞秒激光器的参数为：中心波长为1030 nm，最大输出功率80 W，最大脉冲输出能量160 μJ，最大脉宽为300 fs。

[0011] 上述方案中，步骤S4中，激光逐层沉积过程中，连续激光发生器的激光功率为800-1600 W，光斑直径为2-5 mm，扫描速度为600-1500 mm/s，搭接率为20-60 %。

[0012] 本发明的有益效果：(1) 利用飞秒激光，对激光增材制备沉积层的表面进行逐层微织构毛化处理，可以有效构造出沉积层表面凹凸间隔分布、润湿性良好的织构形貌，以此来提高后续沉积层与前置沉积层之间的结合强度；(2) 利用飞秒激光对沉积层表面进行微织构毛化处理，几乎没有热影响区，没有热累计，不会发生热烧蚀和氧化，对沉积层的物相组成没有任何影响；激光与材料作用时间极短，能量分布均匀，不会造成其他微缺陷；采用柔性机械手臂控制飞秒激光器激光头，可以灵活设计微织构阵列分布和区域；(3) 利用飞秒激光对沉积层表面进行微织构毛化处理的同时，还能去除沉积层内部可能出现的气孔、不完全熔合等缺陷，并且能产生残余压应力，抑制后续沉积过程中由于热力循环的作用，在结合面处产生内部裂纹。(4) 飞秒激光对沉积层微织构毛化处理为同工位实时加工，节省了拆卸安装的时间，提高了加工效率。

## 附图说明

[0013] 图1为本发明一种提高增材构件沉积层间结合强度的激光增材制造装置的示意图。

[0014] 图2为本发明加工方法工艺流程图。

[0015] 图中：1-送粉器，2-连续激光发生器，3-氩气气瓶，4-喷气嘴，5-连续激光器激光头，6-飞秒激光器激光头，7-飞秒激光器，8-机械手臂，9-控制计算机，10-移动平台，11-加热底板，12-连续激光束，13-金属粉材，14-基材，15-沉积层。

## 具体实施方式

[0016] 下面结合附图及具体实施事例对本发明进一步说明。

[0017] 如图1所示，本实施例提供的一种提高增材构件沉积层间结合强度的增材制造装置包括激光增材制造模块，激光微织构毛化加工模块，移动平台10，加热底板11，控制计算机9。所述激光增材制造模块包括送粉器1，连续激光发生器2，氩气气瓶3，喷气嘴4，连续激光器激光头5。所述连续激光发生器2与连续激光器激光头5相连，为其提供连续激光光源；所述氩气气瓶3与喷气嘴4相连，喷气嘴4位于连续激光器激光头5旁侧，在增材过程中持续

向熔池中喷射氩气,防止熔池氧化;所述连续激光器激光头5为光内同轴送粉激光头,送粉器1与连续激光器激光头5相连,实现光内同轴送粉。所述连续激光器激光头5可实现竖直方向运动。所述激光微织构毛化加工模块包括飞秒激光器激光头6,飞秒激光器7,机械手臂8。所述飞秒激光器7与飞秒激光器激光头6相连,为其提供脉冲激光光源,所述机械手臂8夹持飞秒激光器激光头6,实现三维运动。飞秒激光器激光头6所发射出的激光束垂直于沉积层15。所述加热底板11可对基材14进行加热。所述移动平台10可在水平平面内作X、Y方向移动或X和Y方向联动。所述激光增材制造模块,激光微织构毛化加工模块,加热底板11和移动平台10均与控制计算机9相连,运行过程中,由控制计算机9发出指令。

[0018] 下面以激光增材制造钛合金为例,对本实施例的提高增材构件沉积层间结合强度的激光增材制造的方法进行更详细的说明。具体方法步骤包括:A. 对基材进行预处理,打磨清洗烘干之后,放置在高精度二维移动平台指定位置,将增材粉末球磨烘干处理后,放入送粉器中待加工。打开高频感应加热底板对基材进行预热;B. 在控制计算机中建立增材构件的三维模型,并对其进行切片处理,获得构件的剖面轮廓信息,编制连续激光器激光头和飞秒激光器激光头的扫描路径程序;编制连续激光器激光头和飞秒激光器激光头的扫描路径程序时,要求连续激光器激光头和飞秒激光器激光头进行加工时有一定的时间差,确保已沉积层的表面经过微织构毛化处理,再进行后续层的沉积加工,最后一层沉积层不需要进行毛化处理,并且两个激光头运行过程中不会相互干涉;C. 根据程序指令,机械手臂将飞秒激光器激光头送至起始点,对基材表面进行微织构毛化处理;设置飞秒激光工艺参数为:中心波长为1030 nm,输出功率30 W,脉冲输出能量60  $\mu$ J,脉宽为100 fs。D. 打开连续激光器激光头,根据程序指令,进行单层沉积加工;飞秒激光器激光头对所制备沉积层表面进行微织构毛化处理;单层沉积加工结束后,连续激光器激光头对已毛化区域继续逐层沉积加工,沉积加工和毛化处理依次循环交替运行。设置连续激光工艺参数为:激光功率为1300W,光斑直径为2mm,扫描速度为800 mm/s,搭接率为40%。喷气嘴持续向熔池中喷射氩气,确保熔池不发生氧化。

[0019] 本实施例通过激光增材模块和激光微织构毛化加工模块交替工作,实现在激光增材加工过程中,对已沉积层表面进行激光微织构毛化处理,构造出沉积层表面凹凸间隔分布、润湿性良好的织构形貌,以此来提高后续沉积层与前置沉积层之间的结合强度;此外,还能去除沉积层内部可能出现的气孔、不完全熔合等缺陷,并且能产生残余压应力,抑制后续沉积过程中由于热力循环的作用,在结合面处产生内部裂纹。本发明可以有效解决激光增材制造构件,沉积层间结合强度低,结合面处容易产生气孔、裂纹、翘曲等缺陷的难题,并且能够消除增材构件内部残余应力,提高激光增材构件的力学性能,延长其服役寿命。

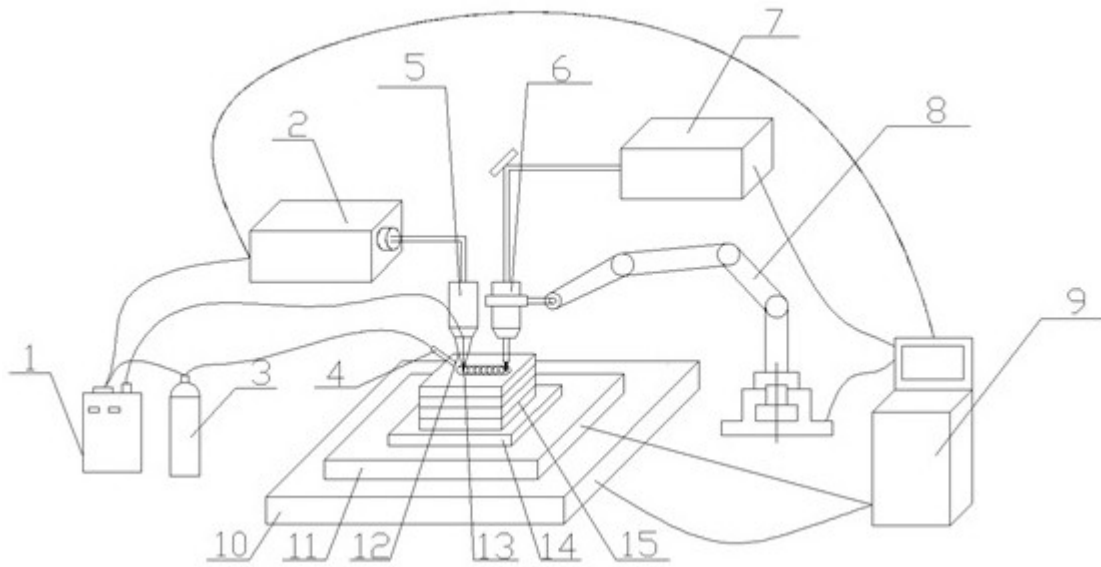


图1

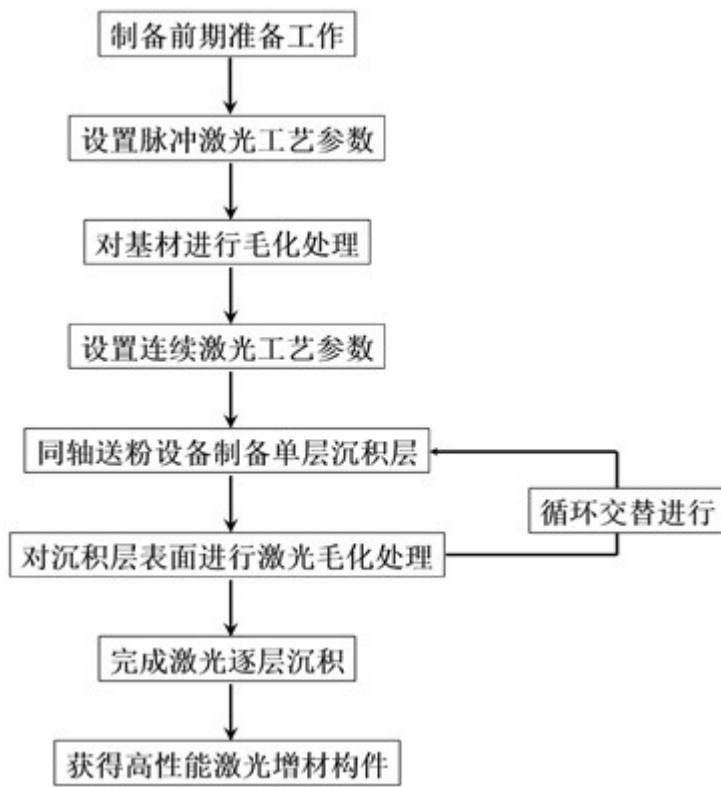


图2