



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106513677 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(21)申请号 201611064147.2

(22)申请日 2016.11.28

(71)申请人 南通金源智能技术有限公司

地址 226000 江苏省南通市开发区星湖大道1692号21(22)幢1292室

(72)发明人 岳巍 丁利 姜勇

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51)Int.Cl.

B22F 3/105(2006.01)

B33Y 30/00(2015.01)

B33Y 10/00(2015.01)

B33Y 50/02(2015.01)

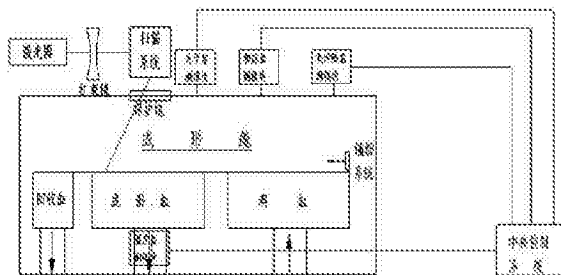
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

用于激光精密成形技术的过程监控系统及其监控方法

## (57)摘要

本发明提供了一种用于激光精密成形技术的过程监控系统,其包括:氧传感监测模块、温度监测模块、光学监测模块、粉床监测模块以及中央控制系统。与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:1、获得更多的过程的信息,用来更好的理解激光精密成形工艺过程的现象;2、提升激光精密成形零件质量,有利于减少零件内部缺陷;3、建立激光精密成形过程的闭环控制,实现激光精密成形的智能化。



1. 一种用于激光精密成形技术的过程监控系统,其特征在于,包括:  
用于监测激光精密成形设备成形舱室内部的氧含量浓度的氧传感监测模块;  
用于检测成形平台温度的温度监测模块;  
用于检测模块检测每层到达粉床的功率情况和光斑直径大小的光学监测模块;  
用于拍摄每一层铺粉后的粉床情况照片的粉床监测模块;  
以及用于控制所述氧传感监测模块、温度监测模块、光学监测模块和粉床监测模块的中央控制系统。

2. 如权利要求1所述的用于激光精密成形技术的过程监控系统,其特征在于,所述氧传感监测模块,包括氧传感器、清洗阀以及补气阀;在金属粉末激光快速成型过程中,氧传感器监测成型舱室内的氧含量,舱室内氧含量低于0.05%;当氧含量超过0.05%时,中央控制系统会立即开启补气阀和清洗阀,通过置换舱室内气体方式,将氧含量调节至0.05%以下,确保成形过程安全以及成形质量。

3. 如权利要求1所述的用于激光精密成形技术的过程监控系统,其特征在于,所述温度监测模块包括温度传感器、冷热台以及气冷附件;在激光精密成形前,需将成形平台预热到需求温度,待达到需求温度时,才可以开始成形,在成形过程中,由于热输入作用,导致成形平台温度升高,当温度传感器监测成形平台温度超过极限偏差 $\pm 5\%$ 时,中央控制系统启动气冷附件,逐渐将成形平台的温度到要求的范围内,不会对激光精密成形产生影响。

4. 如权利要求1所述的用于激光精密成形技术的过程监控系统,其特征在于,所述光学监测模块用于监测激光精密成形过程中的实时功率情况和光斑直径大小,当功率偏差超过 $\pm 2\%$ 或光斑直径偏差超过 $\pm 3\%$ 时,中央控制系统计算控制调整激光功率补偿或光斑直径补偿,并应用于下一层打印,直至激光功率或光斑直径处于正常范围内,使激光功率密度满足激光精密成形要求,从而确保粉末充分熔化和零件成形质量。

5. 如权利要求1所述的用于激光精密成形技术的过程监控系统,其特征在于,所述粉床监测模块包括CCD摄像机和图像对比系统;采用CCD高速摄像机,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉;如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量。

6. 一种如权利要求1所述的用于激光精密成形技术的过程监控系统的监控方法,其特征在于,包括如下步骤:

在激光精密成形过程中,采用氧传感器监测成型舱室内的氧含量,当舱室内氧含量低于0.05%时,激光精密成形设备正常工作;当成形舱室内部的氧含量超过0.05%时,中央控制系统会立即开启补气阀和清洗阀,通过置换方式,将氧含量快速调节至0.05%以下,然后关闭补气阀和清洗阀,在此过程中保持继续成形,确保成形过程安全以及成形质量;

在激光精密成形前,中央控制系统根据要求温度,开启冷热台,将成形平台预热到要求温度,待达到要求温度时,关闭冷热台,方可开始成形;在成形过程中,由于激光热输入作用,可能导致成形平台温度不断升高,当平台温度超过要求温度 $\pm 5\%$ 时,中央控制系统启动气冷附件,快速将成形平台的温度冷却到要求的范围内,降低平台温度对激光精密成形过程以及零件质量造成不良影响;

采用光学监测模块监测激光精密成形过程中的激光功率和光斑直径大小情况,要求功率波动偏差为 $\pm 2\%$ 或者光斑直径偏差 $\pm 3\%$ ,光学监测模块会实时检测激光精密成形每一层的功率和光斑直径,并将实时数据传递给中央控制系统,中央控制系统会计算出该层激光功率和光斑直径的平均偏差,当功率平均偏差超过 $\pm 2\%$ 或光斑直径平均偏差 $\pm 3\%$ 时,中央控制系统回调整激光功率或光斑直径的补偿值,并应用于下一层,确保激光功率处于正常范围内,从而保证激光精密成形过程以及零件质量的稳定性;

粉床监测模块包括CCD摄像机和图像对比系统,采用CCD高速摄像机,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉;如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的 $\pm 0.02\text{mm}$ 范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量。

## 用于激光精密成形技术的过程监控系统及其监控方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于激光精密成形技术的过程监控系统及其监控方法,属于激光3D打印技术领域。

### 背景技术

[0002] 激光3D打印精密成形技术是以三维CAD模型为基础,利用专用软件对模型按照一定的厚度切片分层,将切片分层数据输入到精密成形打印设备中。精密成形打印设备解读切片数据后,采用激光束将粉末状金属或塑料等可粘合材料逐层熔化打印堆积,最终构造出三维实体产品。

[0003] 由于在激光精密成形过程中是一层接着一层熔化并且快速凝固,所以零件经历了涉及定向热传递的复杂的热演化历程。一些合金零件甚至可能会遇到反复的固态相变。这些因素使得对成品显微结构属性的分析,相对那些使用传统方式制造的零件而言,变得更为复杂,这就要求建立在线、闭环的过程控制系统,来确保精密成形的质量。而目前的激光精密成形设备现有技术存在缺点如下:

(1) 目前系统主要包括成形平台温度、成形舱室的氧含量等方面,但没有形成良好的闭环控制,当成形平台温度过高、成形舱室的氧含量超标超出极限时,设备只能自动暂停,没有形成闭环,无法做到有效控制,对零件的质量以及稳定性造成了极大的影响;

(2) 在激光精密成形前,激光功率值是固化且设定好的。但是在由于长时间使用或者烟尘污染等问题,导致激光器功率衰弱和光斑波动较大,由于没有监测及控制措施,会使粉末不能完全熔化,导致零件内部存在熔合不良和气孔缺陷,从而影响了零件质量和性能。

[0004] (3) 每一层铺粉后的粉床铺粉平整度以及是否完全铺粉,零件局部高点区域未完全熔化或者局部缺少粉末亏肉,致使无法正常顺利成形下去,从而影响了零件质量和性能。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种用于激光精密成形技术的过程监控系统及其监控方法。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的:

本发明提供了一种用于激光精密成形技术的过程监控系统,其包括:

用于监测激光精密成形设备成形舱室内部的氧含量浓度的氧传感监测模块,当氧含量偏差超过极限时,形成闭环控制,系统会立即切断激光器,防止成形零件发生氧化,自动调节气氛控制系统调节成形舱室内部氧含量,待氧含量低于要求时,系统会自动开启激光并继续打印工作;

用于检测成形平台温度的温度监测模块,在成形前会将成形平台加热到需求的温度,在成形过程中平台温度会升高当超出极限时,中央控制系统会控制温控模块,降低平台的温度,确保设备继续成形和成形质量;

用于检测每层到达粉床的功率情况和光斑直径大小的光学监测模块,中央控制单元根

据实际值与设定值进行对比,当偏差超出极限偏差时,中央控制单元将控制输出功率和光斑补偿,并在下一层成形过程中实现,确保能充分熔化每层金属粉末,从而保证了零件的内部质量以及性能;

用于拍摄每一层铺粉后的粉床情况照片的粉床监测模块,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,通过对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉。如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量;

以及用于控制所述氧传感监测模块、温度监测模块、光学监测模块、粉床监测模块的中央控制单元。

[0007] 作为优选方案,所述氧传感监测模块包括氧传感器、清洗阀以及补气阀。在金属粉末激光快速成型过程中,氧传感器监测成型舱室内的氧含量,确保舱室内氧含量低于0.05%;当氧含量超过0.05%时,中央控制系统会立即开启补气阀和清洗阀,通过置换舱室内气体方式,将氧含量调节至0.05%以下,确保成形过程安全以及成形质量。

[0008] 作为优选方案,所述温度监测模块为包括温度传感器、冷热台以及气冷附件。在激光精密成形前,需将成形平台预热到需求温度,待达到需求温度时,才可以开始成形,在成形过程中,由于热输入作用,导致成形平台温度升高,当温度传感器监测成形平台温度超过极限偏差 $\pm 5\%$ 时,中央控制系统启动气冷附件,逐渐将成形平台的温度到要求的范围内,不会对激光精密成形产生影响。

[0009] 作为优选方案,所述光学监测模块用于监测激光精密成形过程中的实时功率和光学直径情况,当功率偏差超过极限偏差 $\pm 2\%$ 或光斑直径偏差超过 $\pm 3\%$ 时,中央控制系统计算控制调整激光功率或光斑直径补偿,并应用于下一层打印,确保激光功率和光斑直径处于要求范围内,进一步保证粉末充分熔化和零件的成形质量。

[0010] 作为优选方案,所述粉床监测模块包括CCD摄像机和图像对比系统。采用CCD高速摄像机,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉。如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量。

[0011] 一种如前述的用于激光精密成形技术的过程监控系统的监控方法,其包括如下步骤:

在激光精密成形过程中,采用氧传感器监测成型舱室内的氧含量,当舱室内氧含量低于0.05%时,激光精密成形设备正常工作;当由于某种原因导致成形舱室内部的氧含量超过0.05%时,中央控制系统会立即开启补气阀和清洗阀,通过置换方式,将氧含量快速调节至0.05%以下,然后关闭补气阀和清洗阀,在此过程中保持继续成形,确保成形过程安全以及成形质量。

[0012] 在激光精密成形前,中央控制系统根据要求温度,开启冷热台,将成形平台预热到要求温度,待达到要求温度时,关闭冷热台,方可开始成形;在成形过程中,由于激光热输入作用,可能导致成形平台温度不断升高,当平台温度超过要求温度 $\pm 5\%$ 时,中央控制系统启动气冷附件,快速将成形平台的温度冷却到要求的范围内,降低平台温度对激光精密成形

过程以及零件质量造成不良影响。

[0013] 采用光学检测模块监测激光精密成形过程中的激光功率情况,要求功率波动偏差为 $\pm 2\%$ 。功率检测仪会实时检测激光精密成形每一层的功率情况,并将实时数据传递给中央控制系统,中央控制系统会计算出该层激光功率的平均偏差,当偏差超过 $\pm 2\%$ 时,中央控制系统会调整下一层的激光功率补偿值,并应用于下一层成形,确保激光功率处于正常范围内,从而保证激光精密成形过程以及零件质量的稳定性;同时采用光学监测模块到达粉床上的光斑直径大小,会将每一层的检测数据传递给中央控制系统,中央控制系统会计算出该层光斑直径的平均偏差,当偏差超过 $\pm 3\%$ 时,中央控制系统会调整下一层的激光光斑直径补偿值,并应用于下一层成形,确保激光光斑直径处于正常范围内,从而保证激光精密成形过程以及零件质量的稳定性。

[0014] 粉床监测模块包括CCD摄像机和图像对比系统。采用CCD高速摄像机,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉。如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的 $\pm 0.02\text{mm}$ 范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量。

[0015] 与现有技术相比,本发明具有如下的有益效果:

- 1、获得更多的过程的信息,用来更好的理解激光精密成形工艺过程的现象;
- 2、提升激光精密成形零件质量,有利于减少零件内部缺陷;
- 3、建立激光精密成形过程的闭环控制,实现激光精密成形的智能化;
- 4、可以严密监控过程状态的变化,为实时调节工艺参数提供依据,保证工艺的可重复性以及质量的稳定性。

## 附图说明

[0016] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述,本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

图1为本发明的监控系统的原理框图。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0018] 本发明提供了一种用于激光精密成形技术的过程监控系统,其包括:

用于监测激光精密成形设备成形舱室内部的氧含量浓度的氧传感监测模块,生产厂家为北京仙塔纳克机电技术有限责任公司,型号为XT0012;

用于检测成形平台温度的温度监测模块,生产厂家为上海恒商精密仪器有限公司,型号为HCS410;

用于检测模块检测每层到达粉床的功率情况和光斑直径大小的光学监测模块,生产厂家为广州固润光电科技有限公司,型号为定制;

用于拍摄每一层铺粉后的粉床情况照片的粉床监测模块,生产厂家为南通金源智能技术有限公司,该模块主要包括CCD摄像机和图像对比系统;

以及用于控制所述氧传感监测模块、温度监测模块、光学监测模块和粉床监测模块的中央控制系统。

[0019] 作为优选方案,所述氧传感监测模块包括氧传感器、清洗阀以及补气阀。在钛合金激光快速成型过程中,要求成形舱室内部氧含量低于0.05%,激光精密成型设备才能开始打印成形。而采用氧传感器模块监测成型舱室内的氧含量,中央控制系统会根据实时的氧含量数据进行判断,当成形舱室内部氧含量超过0.05%时,会立即开启补气阀和清洗阀,通过置换舱室内气体的方式,快速将氧含量调节至0.05%以下,确保成形过程安全以及成形质量。

[0020] 作为优选方案,所述温度监测模块为包括温度传感器、冷热台以及气冷附件。在钛合金激光精密成型前,需将成形平台预热到 $40^{\circ}\text{C}+5\%$ ,中央控制系统启动冷热台将成形平台加热到要求温度后,方可开始成形。在钛合金激光精密成型过程中,由于激光反复扫描的热输入作用,可能会导致成形平台温度升高超过要求,当温度传感器监测成形平台温度超过极限偏差 $+5\%$ 时,中央控制系统启动气冷附件,冷却介质为液氮,逐渐将成形平台的温度冷却到要求的温度范围内,不会对激光精密成型产生影响。

[0021] 作为优选方案,所述光学监测模块包括功率检测仪和光谱仪,用于监测激光精密成型过程中的实时功率情况和光斑直径大小,当功率偏差超过 $\pm 2\%$ 或光斑直径偏差超过 $\pm 3\%$ 时,中央控制系统计算控制调整激光功率补偿或光斑直径补偿,并应用于下一层打印,直至激光功率或光斑直径处于正常范围内,使激光功率密度满足激光精密成型要求,从而确保粉末充分熔化和零件成形质量。

[0022] 作为优选方案,所述粉床监测模块包括CCD摄像机和图像对比系统。采用CCD高速摄像机,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉。如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量。

[0023] 一种如前述的用于激光精密成型技术的过程监控系统的监控方法,如图1所示,其包括如下步骤:

一、在激光精密成型过程中,采用氧传感器监测成型舱室内的氧含量,当舱室内氧含量低于0.05%时,激光精密成型设备正常工作;当由于某种原因导致成形舱室内部的氧含量超过0.05%时,中央控制系统会立即开启补气阀和清洗阀,通过置换方式,将氧含量快速调节至0.05%以下,然后关闭补气阀和清洗阀,在此过程中保持继续成形,确保成形过程安全以及成形质量。

[0024] 二、在激光精密成型前,中央控制系统根据要求温度,开启冷热台,将成形平台预热到要求温度,待达到要求温度时,关闭冷热台,方可开始成形;在成形过程中,由于激光热输入作用,可能导致成形平台温度不断升高,当平台温度超过要求温度 $\pm 5\%$ 时,中央控制系统启动气冷附件,快速将成形平台的温度冷却到要求的范围内,降低平台温度对激光精密成型过程以及零件质量造成不良影响。

[0025] 三、采用光学检测模块监测激光精密成型过程中的激光功率情况,要求功率波动

偏差为 $\pm 2\%$ 。功率检测仪会实时检测激光精密成形每一层的功率情况,并将实时数据传递给中央控制系统,中央控制系统会计算出该层激光功率的平均偏差,当偏差超过 $\pm 2\%$ 时,中央控制系统会调整下一层的激光功率补偿值,并应用于下一层成形,确保激光功率处于正常范围内,从而保证激光精密成形过程以及零件质量的稳定性;同时采用光学监测模块到达粉床上的光斑直径大小,会将每一层的检测数据传递给中央控制系统,中央控制系统会计算出该层光斑直径的平均偏差,当偏差超过 $\pm 3\%$ 时,中央控制系统会调整下一层的激光光斑直径补偿值,并应用于下一层成形,确保激光光斑直径处于正常范围内,从而保证激光精密成形过程以及零件质量的稳定性。

[0026] 四、粉床监测模块包括CCD摄像机和图像对比系统。采用CCD高速摄像机,拍摄每一层铺粉后的粉床的照片,对比系统中标准的照片数据,监测平整度以及是否完全铺粉。如果平整度超出偏差或者零件上未铺满粉末,中央控制系统控制成形平台不动,料缸提升一层粉末高度,铺粉刮刀重新铺粉,调控平整度到要求的 $\pm 0.02\text{mm}$ 范围内,或者将零件上铺满粉末,从而保证成形零件的质量。

[0027] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。



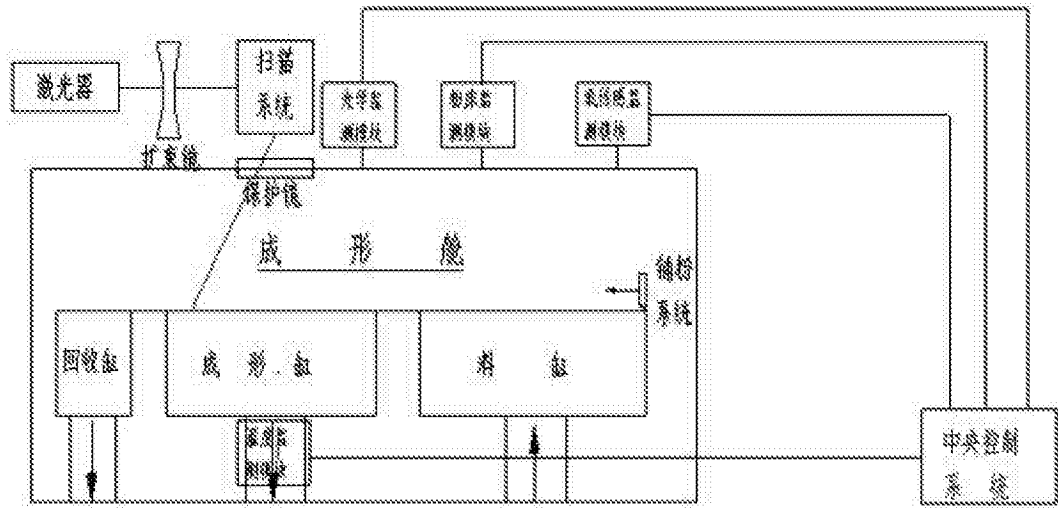


图1