

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B23K 26/34 (2006.01)

B22F 3/105 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910022659.6

[43] 公开日 2009年12月2日

[11] 公开号 CN 101590571A

[22] 申请日 2009.5.22

[21] 申请号 200910022659.6

[71] 申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路28号

[72] 发明人 张安峰 李涤尘 皮刚 张利锋

朱刚贤 卢秉恒

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司

代理人 朱海临

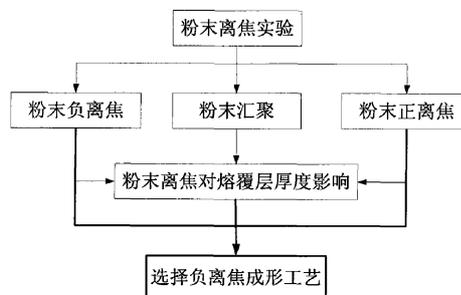
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

[54] 发明名称

基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法

[57] 摘要

本发明公开了一种基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法，采用相同基本工艺参数，分别在不同粉末离焦量情况下进行激光单道金属成形实验，得到不同粉末离焦量情况下单道金属成形截面厚度的变化规律。分析该规律得到粉末负离焦情况下存在一种自愈合机制，随着成形的进行能自动消除成形过程中因工艺不稳定而产生的成形面凹凸不平现象，保证成形过程的稳定进行。运用粉末负离焦所产生的自愈合效应，能够在开环控制系统下实现复杂薄壁零件的高质量堆积成形。



1、一种基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法，其特征在于，包括以下步骤：

(1) 设定基本工艺参数为：激光光斑直径为 0.5mm，扫描速度为 6mm/s，送粉量为 8.8g/min，载气量为 8L/min；

(2) 采用相同的基本工艺参数，分别在不同粉末离焦量情况下进行激光金属成形实验，测量不同粉末离焦量情况下激光金属成形熔覆层厚度，得到粉末离焦量对熔覆层厚度影响规律为：粉末汇聚时，熔覆层厚度最大；粉末负离焦时，熔覆层厚度 h 随负离焦量增大而减小；粉末正离焦时，熔覆层厚度 h 随正离焦量增大而减小；

(3) 分析粉末离焦量对熔覆层厚度的影响规律，得到粉末在负离焦情况下，多层堆积存在自愈合效应，表现为成形面出现凸凹时，凹陷处负离焦量减小，下一层熔覆时熔覆层厚度会增大，凹陷被填平；凸起处负离焦量较大，下一层熔覆时，熔覆层厚度会减小，凸起处变平缓；

(4) 根据步骤 (3) 粉末在负离焦情况下，多层堆积存在自愈合效应，选用粉末离焦量为负的工艺条件进行激光金属直接成形，从而实现自动愈合或消除成形过程中因工艺参数不稳定而出现的工件表面凹凸不平现象。

2、如权利要求 1 所述的基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法，其特征在于，所述粉末离焦量参数定义如下：粉末汇聚点 O 距喷粉头出口为 4mm，基板形成熔池处在 XOY 坐标系下纵坐标值为 y ， $y=0\text{mm}$ 时粉末汇聚于基板； $y<0\text{mm}$ 时为粉末负离焦； $y>0\text{mm}$ 时为粉末正离焦；产生自愈合效应最强的粉末负离焦量为： $y=-1.5\text{mm}$ 。

3、如权利要求 1 所述的基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法，

其特征在于,所述激光金属成形包括单道激光金属成形或薄壁零件堆积成形。

基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法

技术领域

本发明涉及一种适用于激光金属直接成形制造、激光表面熔覆和易损零部件的激光修复等方法，特别涉及一种基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法。

背景技术

激光金属直接成形技术融合了快速成形技术和激光熔覆技术，以“离散—堆积”成形原理为基础。首先在计算机中生成最终功能零件的三维模型；然后将零件的三维数据信息转换为一系列的二维轮廓几何信息，层面几何信息融合成形参数生成扫描路径数控代码，控制成形系统采用同步送料激光熔覆的方法按照轮廓轨迹逐层扫描堆积材料；最终形成三维实体零件或仅需进行少量加工的近形件。激光金属直接成形除了具有与快速原型技术相同的特点之外，还具有一些独特的优点：（1）制造速度快，节省材料，降低成本；（2）不需采用模具，使得制造成本降低 15%~30%，生产周期节省 40%~70%；（3）可以生产用传统方法难于生产甚至不能生产的形状复杂的零件；（4）可在零件不同部位形成不同成分和组织的梯度功能材料结构；（5）金属零件完全致密、组织细小，力学性能超过锻件，近成形件可直接使用或者仅需少量的后续机加工便可使用。由于具有以上优点，激光金属直接成形技术逐渐成为先进制造技术研究的热点，并在航空航天、汽车船舶和武器装备等领域得到广泛应用。然而，由于成形工艺条件复杂，熔池形状受基材与粉末

合金物理化学性能、激光成形工艺参数等诸多因素的影响，随着激光成形高度的逐层增加，成形表面会产生凹凸不平现象，并具有累积效应。在开环控制系统下，多层堆积后会因为凹凸累积出现严重锯齿状而无法继续堆积。调节工艺参数（改变Z轴增量）能解决该问题，但同时又引入了成形零件高度不可预测等新的问题；引入闭环控制能有效解决该问题，但却增加了系统复杂程度，同时增大成本，操作也不方便。

发明内容

本发明的目的是提供一种基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法，该方法可以消除激光金属直接制造零件时，产生的成形表面凹凸不平现象，使成形过程能平稳进行。

为了达到以上目的，本发明是采取如下技术方案予以实现的：

一种基于自愈合机制的激光金属直接成形实验方法，包括以下步骤：

(1) 设定基本工艺参数为：激光光斑直径为 0.5mm，扫描速度为 6mm/s，送粉量为 8.8g/min，载气量为 8L/min；

(2) 采用相同的基本工艺参数，分别在不同粉末离焦量情况下进行激光金属成形实验，测量不同粉末离焦量情况下激光金属成形熔覆层厚度，得到粉末离焦量对熔覆层厚度影响规律为：粉末汇聚时，熔覆层厚度最大；粉末负离焦时，单层熔覆层厚度 h 随负离焦量增大而减小；粉末正离焦时，单层熔覆层厚度 h 随正离焦量增大而减小；

(3) 分析粉末离焦量对熔覆层厚度影响规律，得到粉末在负离焦情况下，多层堆积存在自愈合效应，即成形面出现凸凹时，凹陷处负离焦量减小，下一层熔覆时熔覆层厚度会增大，凹陷被填平；凸起处负离焦量较大，下一层

熔覆时，熔覆层厚度会减小，凸起处变平缓；

(4) 根据步骤(3)粉末在负离焦情况下，多层堆积成形存在自愈合效应，选用粉末离焦量为负的工艺条件进行激光金属直接成形，从而实现自动愈合或消除成形过程中因工艺参数不稳定而出现的工件表面凹凸不平现象。

上述方案中，所述粉末离焦量参数定义如下：粉末汇聚点O距喷粉头出口为4mm，基板形成熔池处在XOY坐标系下纵坐标值为y，y=0mm时粉末汇聚于基板；y<0mm时为粉末负离焦；y>0mm时为粉末正离焦；产生自愈合效应最强的粉末负离焦量为： $y = -1.5\text{mm}$ 。所述激光金属成形包括单道激光金属成形或薄壁零件堆积成形。

本发明从粉末离焦的角度出发，进行了相应的成形工艺实验研究，得到了粉末负离焦情况下激光金属直接成形零件时的自愈合现象，并研究了在粉末负离焦的情况下成形零件的自愈合机制，成形过程中出现凸凹现象，凸起处粉末负离焦增大，下一层熔覆层厚度减小，凸起减小；而凹陷处粉末负离焦减小，下一层熔覆层厚度增大，凹陷被填平，而成形过程中始终存在自愈合效应，熔覆层表面凹凸不平能随着后续层的成形而得到消除，起到了稳定熔覆成形的目的。本发明能够在开环控制系统下，有效消除成形过程中出现的成形表面凹凸不平的现象，保证成行过程的稳定进行，有效控制成形零件高度。避免为获得稳定成形过程而引入的闭环控制，在保证成形精度的前提下，降低激光成形系统的成本，促进了激光金属直接制造的发展，具有非常重要的应用前景。

附图说明

图1是本发明方法的流程图。

图2是定义粉末正、负离焦的示意图。

图3是粉末离焦量与单层熔覆层厚度的关系曲线。

图 4 是激光金属直接成形自愈合机制的原理图。

图 5 是在粉末汇聚或正离焦情况下成形的单道多层薄壁零件照片（实施例 1）。

图 6 是在粉末负离焦情况下成形的单道多层薄壁零件照片（实施例 2）。

图 7 是在粉末负离焦 1.5mm 情况下成形的复杂薄壁零件照片（实施例 3）。

具体实施方式

以下结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

图 1 是本发明成形实验方法的流程图，成形过程中基本工艺参数为：激光光斑直径为 0.5mm，扫描速度为 6mm/s，送粉量为 8.8g/min，送气量为 8L/min。金属成形的基材和熔覆粉末为 316L、不锈钢或高温合金等材料。

如图 2 所示，不同粉末离焦定义如下：粉末汇聚点 O 距喷粉头出口为 4mm，基板形成熔池处在 XOY 坐标系下纵坐标值为 y，y=0mm 时粉末汇聚于基板，称其为粉末汇聚；y<0mm 时粉末到达基板时尚未汇聚，称其为粉末负离焦；y>0mm 时粉末尚未到达基板已经汇聚，称其为粉末正离焦；

(1) 采用相同工艺参数，分别在不同粉末离焦量情况下进行激光单道金属成形实验，测量不同粉末离焦量情况下单道金属成形熔覆层厚度，得到粉末离焦量对熔覆层厚度影响规律如下：粉末汇聚（y=0mm）时，熔覆层厚度最大；粉末负离焦（y<0mm）时，单层熔覆层厚度随离负焦量增大（y 减小）而减小；粉末正离焦时，单层熔覆层厚度随正离焦量增大（y 增大）而减小（图 3）。

(2) 分析粉末离焦量对熔覆层厚度影响规律，得到在粉末负离焦情况下多层堆积存在自愈合机制。如图 4 所示，成形面出现凸凹时，凹陷处负离焦

量减小 ($y_2 > y$)，下一层熔覆时熔覆层厚度会增大 ($h_2 > h$)，凹陷被填平；凸起处负离焦量增大 ($y_1 < y$)，下一层熔覆层厚度会减小 ($h_1 < h$)，凸起减小；自动愈合或消除成形过程中因工艺参数不稳定出现的凹凸现象，分析粉末离焦量对熔覆层厚度影响规律，得到相同工艺参数情况下，产生自愈合效应最强的粉末负离焦量为： $y = -1.5\text{mm}$

若多层堆积出现凹凸现象，凹陷处粉末正离焦，下一层熔覆层厚度减小，凹陷越来越深；凸起处粉末负离焦，下一层熔覆层厚度减小，凸起得到控制，多层堆积后零件局部存在严重凹陷。在粉末正离焦时成形，若多层堆积出现凹凸现象，凹陷处粉末正离焦量增大，下一层熔覆层厚度减小，凹陷越来越深；凸起处粉末正离焦量减小，下一层熔覆层厚度增大，凸起更多，多层堆积后零件存在严重凹凸不平。

实施例 1

采用粉末汇聚或正离焦工艺进行单道激光金属成形，堆积出零件成形表面凹凸不平，如图 5 所示。

实施例 2

采用粉末负离焦工艺进行单道激光金属成形，与图 5 对比成形质量，堆积出的薄壁零件成形面很平整，如图 6 所示。

实施例 3

采用粉末负离焦进行复杂零件激光金属直接成形； $y = -1.5\text{mm}$ ，Z 轴增量为 0.08mm ，堆积层数为 100 层，粉末负离焦时激光金属直接成形存在自愈合效应，能保证成行的稳定进行。

如图 7 所示，当粉末负离焦量为 $y = -1.5\text{mm}$ ，Z 轴增量为 0.08mm ，堆积层数为 530 层，零件高度为 $42.6 \pm 0.03\text{mm}$ 。实验得到薄壁零件，其成形表面

相当平整。

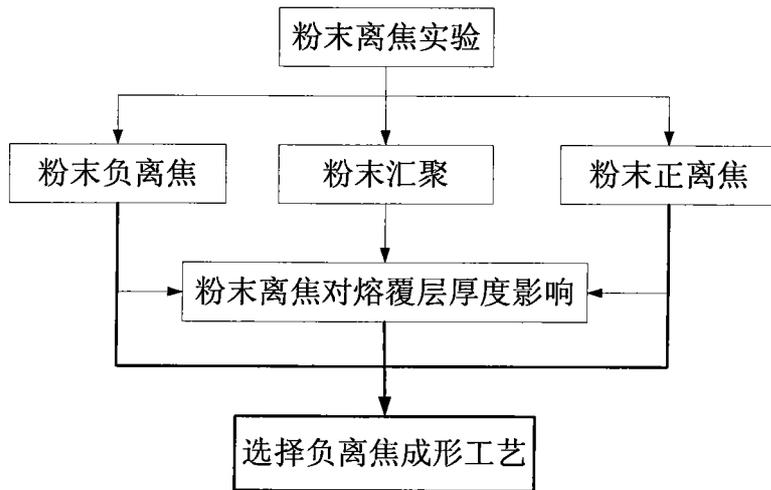


图 1

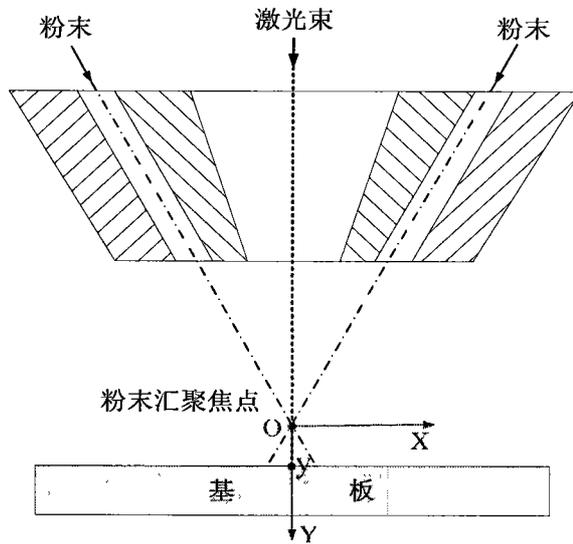


图 2

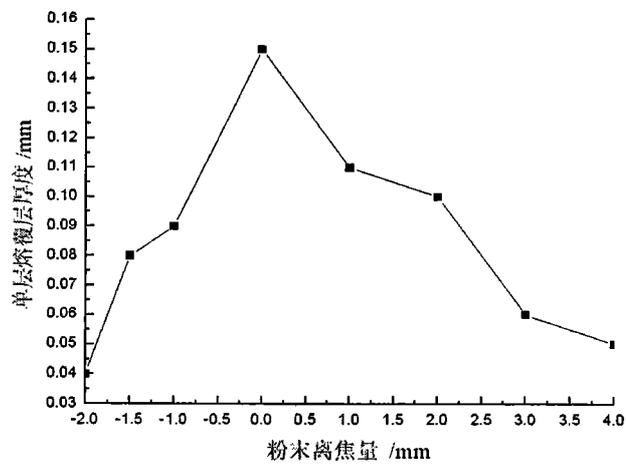


图 3

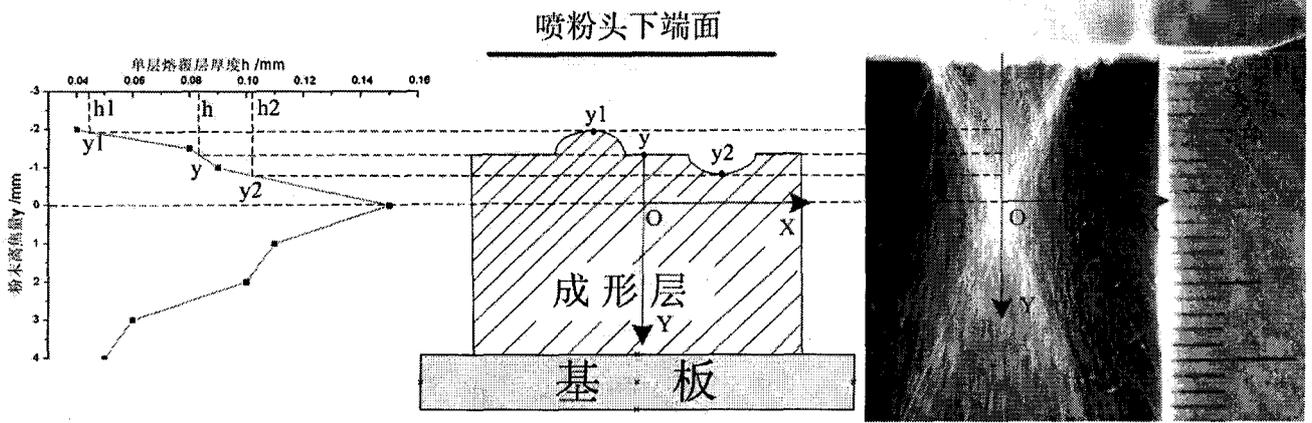


图 4

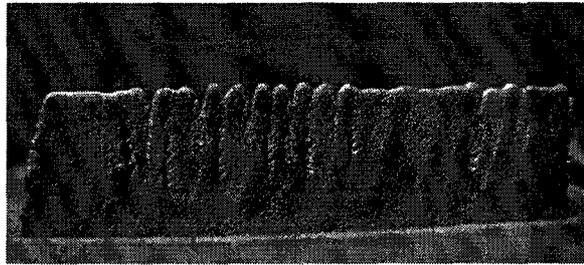


图 5

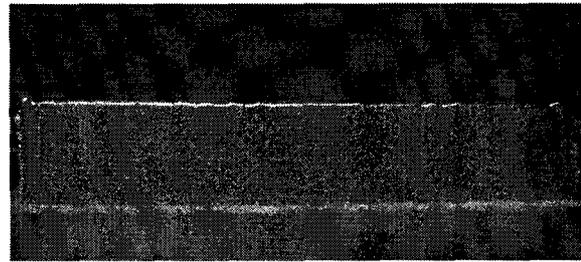


图 6

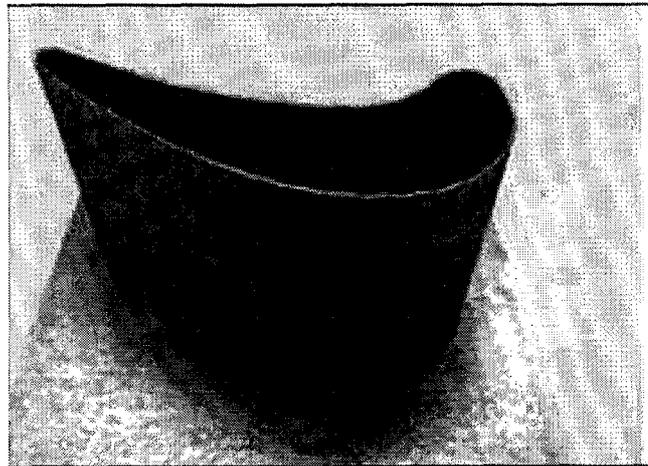


图 7