



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103862050 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201410126522.6

(22)申请日 2014.03.31

(73)专利权人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72)发明人 贺斌 赵卫 杨小君 江浩 李睿

(74)专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 王少文

(51)Int.Cl.

B22F 3/16(2006.01)

(56)对比文件

CN 103305828 A,2013.09.18,权利要求1-2,附图1.

US 6338765 B1,2002.01.15,全文.

CN 101705462 A,2010.05.12,全文.

CN 102776521 A,2012.11.14,全文.

US 2012/0217226 A1,2012.08.30,全文.

审查员 曲丹

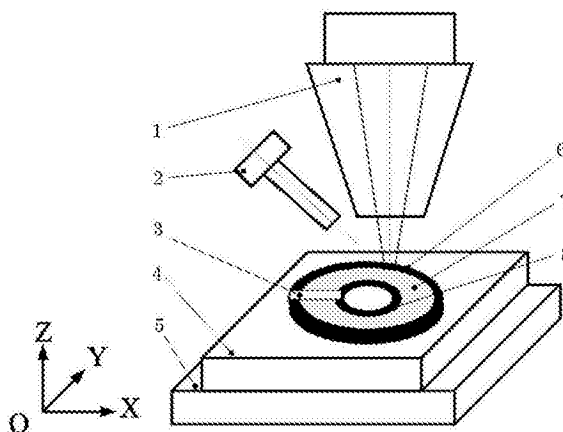
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

基于层间冲击强化工艺的金属3D打印机及打印方法

(57)摘要

本发明公开了一种在金属零件3D打印过程中采用冲击强化来提高打印件力学性能的方法。其特殊之处在于,采取每熔覆一定的层数就在熔覆层上表面进行冲击强化,从而消除熔覆层内部的空洞、疏松、微裂纹等缺陷提高成形件的致密度;在冲击强化过程中将熔覆层进行加热和合理的分区工艺规划,并且冲击强化角度随着同一层不同区域和不同层数的变换而变化,从而保证在提高致密度增强力学性能的同时防止应力集中确保金属3D打印件的成形精度。



1. 基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:包括以下步骤:

1)熔覆层成形:

首先采用金属3D打印技术在基材表面形成若干熔覆层,每一层熔覆层的层厚0.05-0.3mm,当熔覆层达到一定厚度时,停止3D打印成形;

2)熔覆层加热:

通过加热装置将熔覆层上表面加热到100°C-700°C;

3)熔覆层分区:

将熔覆层分为边界区和中间区(7);其中边界区由外边界区(6)组成,或者由外边界区(6)和内边界区(8)组成;所述外边界区(6)为零件外轮廓向零件内部偏移0.5-3mm所形成的闭合曲线与该外轮廓形成的封闭区域,所述内边界区(8)为零件内轮廓向零件内部偏移0.5-3mm所形成的闭合曲线与该内轮廓形成的封闭区域;所述中间区(7)为除边界区之外的其他区域;

4)熔覆层强化:

强化顺序为先边界区再中间区(7),且中间区强化时的覆盖率为边界区的0.5-0.8倍;

5)熔覆层继续成形:

在强化后的熔覆层顶部继续形成若干熔覆层,层厚0.05-0.3mm;

6)重复步骤2)、3)、4)、5)直至金属3D打印件成形完成。

2. 根据权利要求1所述的基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:在进行强化时,强化喷嘴中心线与熔覆层的夹角范围为30°-60°。

3. 根据权利要求1所述的基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:在每次进行强化时,强化喷嘴中心线与熔覆层的夹角在30°-60°范围内变换。

4. 根据权利要求1或2或3所述的基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:每完成1-3层的熔覆和强化,强化喷嘴中心线在XOY平面内的投影与X轴的夹角增大10°-50°。

5. 根据权利要求4所述的基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:在每次进行熔覆时,所述外边界区(6)的偏移量在0.5-3mm之间变换,所述内边界区(8)的偏移量在0.5-3mm之间变换。

6. 根据权利要求1或2或3所述的基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:在每次进行熔覆时,所述外边界区(6)的偏移量在0.5-3mm之间变换,所述内边界区(8)的偏移量在0.5-3mm之间变换。

7. 根据权利要求6所述的基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特征在于:所述金属为Ti合金;所述步骤2)的加热温度为200°C;所述加热采用在基材底部设置加热板的方式实现。

基于层间冲击强化工艺的金属3D打印机及打印方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种金属零件3D打印过程中面向熔覆层的冲击强化方法。采用该方法可根据熔覆层的不同特征采用合理的冲击工艺,从而消除熔覆层内部缺陷、细化晶粒并增加熔覆层内部的残余压应力,最终增加金属零件的力学性能尤其是高温疲劳力学性能。

技术背景

[0002] 金属3D打印技术是一种能通过点、线、面的累加而直接成形结构复杂且力学性能优异的金属零件的先进制造技术。然而在成形过程中逐点累加成形的工作原理导致成形件内部几乎不可避免的产生孔洞、疏松等缺陷,并且对于大部分材料成形件内部还容易出现微裂纹。即便是采用可成形性最好的材料来成形零件并经过热等静压及热处理等工艺对零件进行后处理,其高温力学性能如高温疲劳性能依然无法达到锻件的标准。

发明内容

[0003] 为解决现有金属3D打印过程中在成形件内部所产生的孔洞、疏松等缺陷的技术问题,本发明提供一种金属零件3D打印过程中面向熔覆层冲击强化的金属3D打印机及打印方法。

[0004] 为达到以上目的,本发明采取如下技术方案予以实现的:

[0005] 基于层间冲击强化工艺的金属3D打印机,包括熔覆喷嘴,其特殊之处在于:还包括设置在熔覆喷嘴上的强化喷嘴,所述强化喷嘴对熔覆喷嘴所形成的熔覆层进行冲击强化。

[0006] 上述强化喷嘴为激光冲击强化喷嘴和/或机械喷丸强化喷嘴。

[0007] 上述强化喷嘴中心线与熔覆层的夹角范围 30° - 60° 。

[0008] 基于层间冲击强化工艺的金属3D打印方法,其特殊之处在于:包括以下步骤:

[0009] 1)熔覆层成形:

[0010] 首先采用金属3D打印技术在基材表面形成若干熔覆层,层厚 $0.05-0.3\text{mm}$,当熔覆层达到一定厚度时,停止3D打印成形;

[0011] 2)熔覆层加热:

[0012] 通过加热装置将熔覆层上表面加热到 $100^{\circ}\text{C}-700^{\circ}\text{C}$;

[0013] 3)熔覆层分区:

[0014] 将熔覆层分为边界区和中间区7;其中边界区由外边界区6组成,或者由外边界区6和内边界区8组成;所述外边界区6为零件外轮廓向零件内部偏移 $0.5-3\text{mm}$ 所形成的闭合曲线与该外轮廓形成的封闭区域,所述内边界区8为零件内轮廓向零件内部偏移 $0.5-3\text{mm}$ 所形成的闭合曲线与该内轮廓形成的封闭区域;所述中间区7为除边界区之外的其他区域;

[0015] 4)熔覆层强化:

[0016] 强化顺序为先边界区再中间区7,且中间区强化时的覆盖率为边界区的 $0.5-0.8$ 倍;

[0017] 5)熔覆层继续成形:

[0018] 在强化后的熔覆层顶部继续形成若干熔覆层,层厚0.05-0.3mm;

[0019] 6】重复步骤2、3、4、5直至金属3D打印件成形完成。

[0020] 采用上述的金属3D打印方法,在进行强化时,强化喷嘴中心线与熔覆层的夹角范围为 30° - 60° 。

[0021] 采用上述的金属3D打印方法,每完成1-3层的熔覆和强化,强化喷嘴中心线在XOY平面内的投影与X轴的夹角增大 10° - 50° 。

[0022] 采用上述的金属3D打印方法,在每次进行熔覆时,所述外边界区6的偏移量在0.5-3mm之间变换,所述内边界区8的偏移量在0.5-3mm之间变换。

[0023] 所述熔覆层的材料为Ti合金;所述步骤2的加热温度为 200°C ;所述加热采用在基材底部设置加热板的方式实现。

[0024] 本发明与现有技术相比,优点是:

[0025] 本发明可以在金属3D成形过程中分阶段冲击已成形的熔覆层,从而消除熔覆层内部的空洞、疏松、微裂纹等缺陷提高成形件的致密度;在冲击强化过程中将熔覆层进行加热和合理的分区工艺规划,保证在提高致密度增强力学性能的同时也确保金属3D打印件的表面精度。

附图说明

[0026] 图1是本发明方法在金属3D成形过程中采用冲击强化的原理示意图;

[0027] 图2是在金属3D成形过程中采用机械喷丸强化案例示意图。

[0028] 其中附图标记为:1-激光聚焦头,2-强化喷嘴,3-熔覆层,4-基材,5-加热板,6-外边界区6,7-中间区7,8-内边界区8,9-熔覆喷嘴,10-强化喷嘴,11-强化丸,12-粉末。

具体实施方式

[0029] 如图1所示,本发明基于层间冲击强化工艺的金属3D打印机,包括熔覆喷嘴9,强化喷嘴10,激光聚焦头与熔覆喷嘴集成为一体。强化喷嘴10对熔覆喷嘴9所形成的熔覆层3进行冲击强化,强化喷嘴为激光冲击强化喷嘴和/或机械喷丸强化喷嘴,强化喷嘴中心线与熔覆层的夹角范围 30° - 60° 。

[0030] 本发明中的强化喷嘴与熔覆喷嘴之间的相互配合结构可以有五种:第一种是熔覆喷嘴设置在中心,强化喷嘴设置在熔覆喷嘴外围,强化喷嘴包括3-5个喷管,每个喷管可通过电气系统控制实现单独喷丸。第二种是强化喷嘴设置在中心,熔覆喷嘴设置在强化喷嘴外围,熔覆喷嘴包括3-5个喷管,每个喷管可通过电气系统控制实现单独喷射粉末;第三种是熔覆喷嘴包括多个喷管,强化喷嘴包括多个喷管,熔覆喷嘴的喷管和强化喷嘴的喷管依次相间排布且圆周均布;第四种是强化喷嘴设置在熔覆喷嘴外围,强化喷嘴包括3-5个激光头,每个激光头可单独发射激光;第五种强化喷嘴包括1个激光头,激光头设置在正中心;熔覆喷嘴设置强化喷嘴的外围。

[0031] 如图2所示,在3D打印Ti合金零件过程中对Ti合金熔覆层采用喷丸冲击强化。喷丸强化喷嘴与同轴的熔覆喷嘴及用于金属粉末加热的激光聚焦头集成为一体,且熔覆喷嘴和强化喷嘴各包括多个喷管,熔覆喷嘴的喷管和强化喷嘴的喷管依次相间排布且圆周均布,可以在完成一定层数的堆积后迅速对堆积层进行冲击强化而不需要其他的辅助设备,其基

本步骤如下：

[0032] 1】熔覆层成形：

[0033] 首先采用金属3D打印技术在基材表面形成若干熔覆层，每一层熔覆层的层厚0.05-0.3mm，当熔覆层达到一定厚度时，停止3D打印成形；

[0034] 2】熔覆层加热：

[0035] 通过加热装置将熔覆层上表面加热到100°C-700°C；

[0036] 3】熔覆层分区：

[0037] 将熔覆层分为边界区和中间区7；其中边界区由外边界区6组成，或者由外边界区6和内边界区8组成；外边界区6为零件外轮廓向零件内部偏移0.5-3mm所形成的闭合曲线与该外轮廓形成的封闭区域，内边界区8为零件内轮廓向零件内部偏移0.5-3mm所形成的闭合曲线与该内轮廓形成的封闭区域；中间区7为除边界区之外的其他区域；

[0038] 4】熔覆层强化：

[0039] 强化顺序为先边界区再中间区7，且中间区强化时的覆盖率为边界区的0.5-0.8倍；

[0040] 5】熔覆层继续成形：

[0041] 在强化后的熔覆层顶部继续形成若干熔覆层，层厚0.05-0.3mm；

[0042] 6】重复步骤2、3、4、5直至金属3D打印件成形完成。

[0043] 进一步的，在进行强化时，强化喷嘴中心线与熔覆层的夹角范围为30°-60°，采用该角度的优点是保证熔覆层能得到有效的强化。

[0044] 进一步的，每完成1-3层的熔覆和强化，强化喷嘴中心线在XOY平面内的投影与X轴的夹角增大10°-50°，采用此方案的优点是使得强化比较均匀。

[0045] 进一步的，在每次进行熔覆时，所述外边界区6的偏移量在0.5-3mm之间变换，内边界区8的偏移量在0.5-3mm之间变换，采用此方案的优点是防止产生强化接头位置应力集中。

[0046] 进一步的，当熔覆层的金属为Ti合金时；步骤2的加热温度为200°C；加热采用在基材底部设置加热板5的方式实现。

[0047] 在本发明中，由于在不同条件（不同强化方式，不同成形材料）下冲击强化所能穿透的沉积层厚度有较大的差异，所以强化前已成形层数需要根据具体条件的不同而进行设定。如采用机械喷丸强化时需要逐层或者每隔几层进行一次冲击强化，而采用激光冲击强化时则可以在成形十层甚至几十层后进行一次冲击强化。

[0048] 在本发明中，根据材料的不同属性（如塑形）可将加热温度设置为不同的预定值，这样可以更好地发挥冲击强化在增强零件致密度方面的能力。

[0049] 在本发明中，可以在熔覆层的不同位置采取不同的强化参数（包括压力、次数、速度、喷丸质量大小、移动速度、移动间距等），或者按照一定的次序调整熔覆层不同位置的强化次序，进而达到通过调整强化的工艺来调节零件内部不同位置处的残余应力的性质和大小，从而达到在增加致密度的同时保证成形件精度的效果。

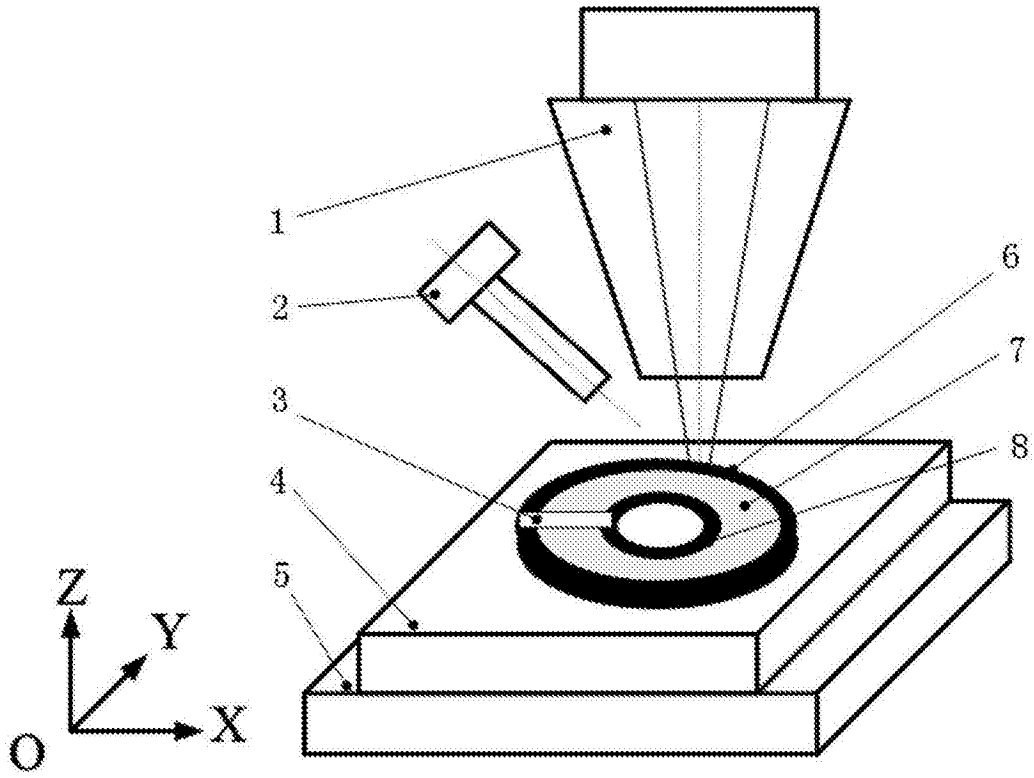


图1

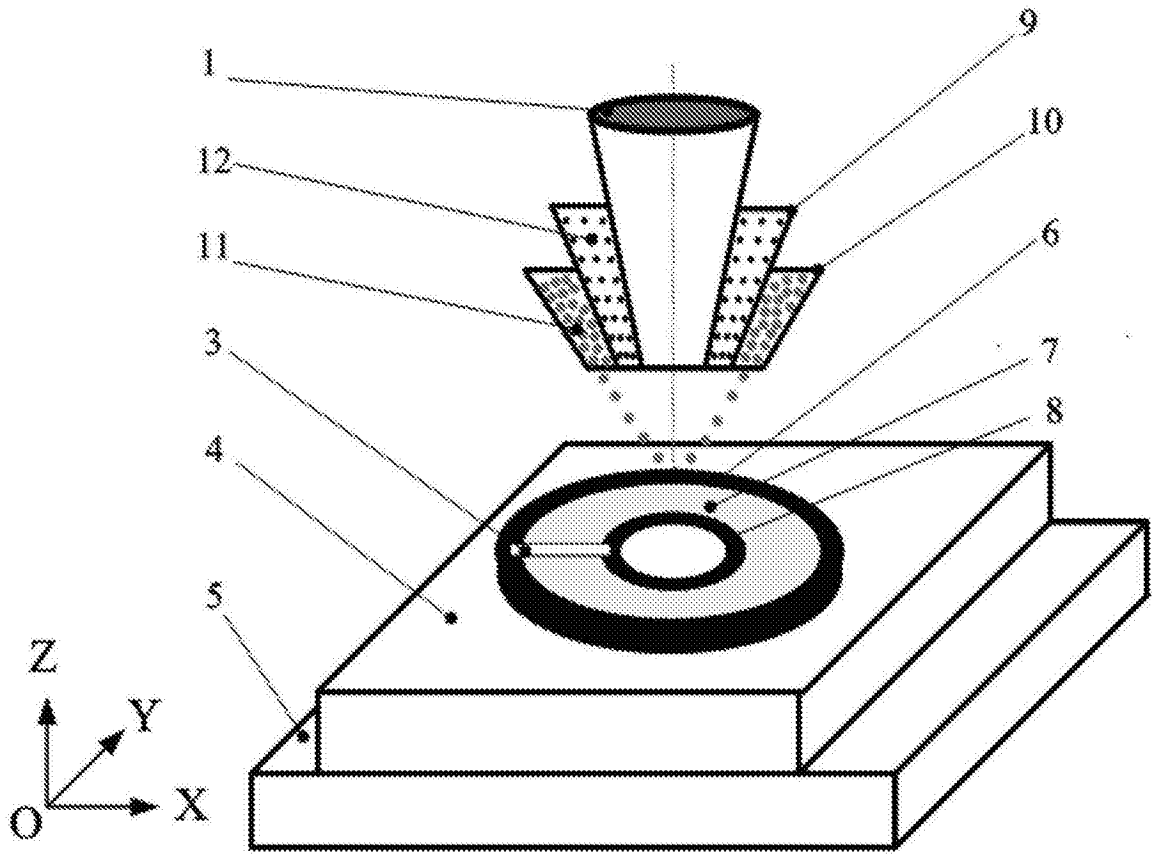


图2