



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105112708 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201510586883.3

G22C 21/00(2006.01)

(22)申请日 2015.09.16

B22F 3/105(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G22F 1/04(2006.01)

申请公布号 CN 105112708 A

B33Y 10/00(2015.01)

(43)申请公布日 2015.12.02

(56)对比文件

(73)专利权人 华中科技大学

CN 103045914 A,2013.04.17,

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

CN 103695681 A,2014.04.02,

(72)发明人 史玉升 周燕 魏青松 滕庆

CN 104715091 A,2015.06.17,

周旭 李伟 赵晓

CN 104404509 A,2015.03.11,

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心

CN 103008657 A,2013.04.03,

42201

CN 103350321 A,2013.10.16,

代理人 梁鹏

CN 103341625 A,2013.10.09,

EP 2784045 A1,2014.10.01,

审查员 何云龙

(51)Int.Cl.

G22C 1/05(2006.01)

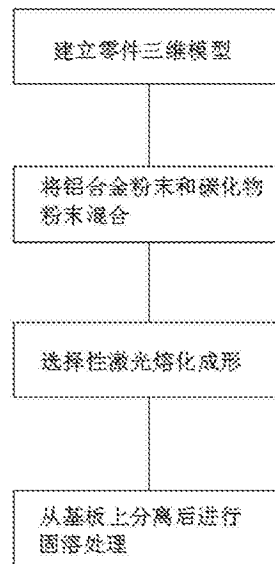
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,包括以下步骤:
(1)在计算机上建立零件三维模型,然后将所述零件三维模型转成STL格式并导入到激光选区熔化成形设备中;(2)将铝合金粉末和碳化物粉末混合,然后采用球磨机进行球磨混合均匀;(3)将球磨后的混合粉末转移到激光选区熔化成形设备里,在惰性气体保护下,根据三维模型数据对混合粉末进行成形;(4)采用线切割工艺将成形的零件从所述基板上分离,再将零件在马弗炉中固溶处理,然后淬火,并进行陶瓷珠喷砂处理,则获得成品。本发明可以实现弥散强化相的均匀分布,从而达到陶瓷相弥散增强铝合金,提高铝合金高温性能的目的。



1. 一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 在计算机上建立零件三维模型,然后将所述零件三维模型转成STL格式并导入到激光选区熔化成形设备中;

(2) 将质量比为9:1~99:1的铝合金粉末和碳化物粉末混合,在惰性气体保护下,采用球磨机进行球磨混合均匀;

(3) 将球磨后的混合粉末转移到激光选区熔化成形设备里,并在基板上进行零件成形,成形过程中采用激光重熔扫描策略,即在完成第一次扫描成形后,第二次针对弥散强化相富集的熔池边界再扫描一次,则在激光热量的作用下,熔池边界的弥散强化相随重熔的合金流动到熔池内,从而减少了在熔池边界的聚集,以实现弥散强化相在铝合金基体中的弥散均匀分布;另一方面,第一次扫描后部分球化的颗粒在第二次扫描的作用下重新熔化,从而能降低零件的球化程度;

(4) 采用线切割工艺将成形的零件从所述基板上分离,再将零件在马弗炉中400℃~500℃固溶处理6~7小时,然后淬火,并进行陶瓷珠喷砂处理,则获得成品。

2. 根据权利要求1所述的一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,步骤(2)中,铝合金粉末为球形或类球形,粉末粒径分布在10~50 μm ,氧含量低于1000ppm。

3. 根据权利要求1所述的一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,步骤(2)中,所述碳化物的纯度为99.9%~99.99%,粒径分布在100nm~10 μm 。

4. 根据权利要求1所述的一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,步骤(2)中,所述铝合金粉末为Al-15Si粉末或AlSi10Mg粉末或Al-20Si粉末。

5. 根据权利要求1所述的一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,步骤(2)中所述碳化物粉末为SiC粉末或TiC粉末。

6. 根据权利要求1所述的一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,步骤(3)中,成形设备采用的激光源为Yb光纤激光,波长为1070 \pm 10nm,最大功率为400W,光斑直径为0.1~0.15mm;在惰性气体保护下,对混合粉末根据三维模型进行成形。

一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于增材制造技术领域,更具体地,涉及一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法。

背景技术

[0002] 铝合金因其具有易导热导电、高比强度、良好的抗疲劳性能与耐腐蚀性能以及良好的焊接性能等而广泛应用于航空航天、汽车、军事和民用工业等。尽管铝合金具有上述众多优点,且已广泛应用于关键领域,但目前轻量化、形状结构复杂、高温强度高的铝合金快速制造方面仍存在困难。

[0003] 目前,复杂结构铝合金主要采用传统的精密铸造及二维片层折叠/焊接的方法来制造,但这些传统方法由于受成形模具复杂度等的限制,只能用来成形一些结构较简单的铝合金,难以实现复杂结构铝合金的成形。

[0004] 近年发展起来的3D打印(增材制造)技术是一种基于材料逐层堆积的新型制造技术。该技术将复杂的三维加工转变为简单的二维加工,大大降低了复杂零件的成形难度,从而有望解决传统加工技术无法完成的复杂结构件的成形难题。

[0005] 随着应用的拓展,对铝合金的高温性能提出了更高的要求。例如,在大飞机领域急需开展抗拉强度在700MPa以上超高强铝合金和耐温在150~300℃以上的高温铝合金;而用于汽车活塞的铝合金随着气缸工作温度升高,合金内位错滑移变得更容易,位错攀移也随之急剧增加,导致活塞高温力学性能急剧下降。因此,必须寻求有效的措施对铝合金进行强化,以提高其高温性能。

[0006] 第二相弥散强化是一种有效的强化合金的方法,弥散相在基体内呈弥散质点或粒状分布,既可显著提高合金高温强度和硬度,又可维持其塑性和韧性,且弥散相分布越均匀其强化效果越好。弥散强化材料一般为高熔点的氧化物、碳化物或氮化物,对铝合金而言,常见的弥散强化材料主要为 Fe_2O_3 、TiC及SiC等。上述弥散强化相可以在高温时阻碍位错运动,使合金难以产生塑性变形而提高强度。因此,在3D打印成形铝合金过程中添加少量弥散强化相,有望实现复杂零件快速制造时高温性能的提升。

[0007] 由于选择性激光熔化加工(Selective Laser Sintering, SLM)的3D打印技术采用了光纤激光器,其能量密度高,光斑细小,成形精度高、冷却速度快,因此特别适合于金属的成形。而弥散相材料具有与金属材料不同的性质(如导电导热、对激光吸收反射等),因此在SLM成形过程中弥散相因受到合金液体的“排他性”而倾向于聚集在熔池边界区域,无法实现弥散强化相在铝合金基体中的均匀分布,这将直接制约铝基体中弥散强化相增强SLM成形铝合金零件的高温性能。

[0008] 另外,在激光选区熔化成形过程中,金属液在液态金属与周边介质的界面张力作用下,表面形状向球形表面转变,从而产生球化现象。球化会使金属粉末熔化后无法凝固形成连续平滑的熔池,因而形成的零件疏松多孔,致使成形失败。

发明内容

[0009] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,旨在省去传统加工方法的一些繁杂环节,制造出复杂结构的铝合金零件,并在成形过程中利用激光重熔扫描策略实现弥散相的均匀弥散分布,实现陶瓷相弥散增强铝合金的目的。

[0010] 为实现上述目的,按照本发明,提供了一种激光重熔扫描碳化物弥散增强铝合金的快速制造方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0011] (1) 在计算机上建立零件三维模型,然后将所述零件三维模型转成STL格式并导入到激光选区熔化成形设备中;

[0012] (2) 将质量比为9:1~99:1的铝合金粉末和碳化物粉末混合,然后在惰性气体保护下,采用球磨机进行球磨混合均匀;球磨能促使铝合金和碳化物粉末充分混合均匀,提高后续成形零件中碳化物在铝合金基体中的弥散分布程度;在这样的配比下可以实现碳化物在铝合金中最大程度的弥散分布,从而实现最好的强化效果。

[0013] (3) 将球磨后的混合粉末转移到激光选区熔化成形设备里,并在基板上进行零件成形;

[0014] (4) 采用线切割工艺将成形的零件从所述基板上分离,再将零件在马弗炉中400℃~500℃固溶处理6~7小时,然后淬火,并进行陶瓷珠喷砂处理,则获得成品;固溶处理可以增强铝合金的塑性和韧性,陶瓷喷砂处理能改善成形后零件的表面质量,另外,进行固溶处理可以析出强化相,从而在铝基体中实现碳化物弥散强化和析出物强化的协同增强作用。

[0015] 优选地,步骤(2)中,铝合金粉末为球形或类球形,粉末粒径分布在20~50μm,氧含量低于1000ppm。

[0016] 优选地,步骤(2)中,所述碳化物的纯度为99.9%~99.99%,粒径分布在100nm~10μm。采用的碳化物纯度越高,杂质越少,对成形零件的不良影响越小,有利于弥散强化和减轻球化程度;粒径选择小一些,其弥散强化效果更加明显。

[0017] 优选地,步骤(2)中,所述铝合金粉末为Al-15Si粉末或AlSi10Mg粉末或Al-20Si粉末。

[0018] 优选地,步骤(2)中,所述碳化物粉末为SiC粉末或TiC粉末。

[0019] 优选地,步骤(3)中,成形过程中采用激光重熔扫描策略,即在完成第一次扫描成形后,第二次针对弥散强化相富集的熔池边界再扫描一次,则在激光热量的作用下,熔池边界的弥散强化相随重熔的合金流动到熔池内,从而减少了在熔池边界的聚集,以实现弥散强化相在铝合金基体中的弥散均匀分布;另一方面,第一次扫描后部分球化的颗粒在第二次扫描的作用下重新熔化,从而能降低零件的球化程度。

[0020] 优选地,步骤(3)中,成形设备采用的激光源为Yb光纤激光,波长为1070±10nm,最大功率为400W,光斑直径为0.1~0.15mm;在惰性气体保护下,对混合粉末根据三维模型进行成形。

[0021] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0022] (1) 本发明进行零件成形时无需模具,可以按照CAD软件设计的模型实现零部件的

快速、精确制造,缩短制造周期,降低成本;

[0023] (2) 本发明采用激光重熔扫描策略可以实现弥散相的均匀分布,从而达到陶瓷相弥散增强铝合金,提高铝合金高温性能的目的。

附图说明

[0024] 图1是本发明的工作流程图。

具体实施方式

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0026] 参照图1,本发明的总体思路是:首先通过CAD软件设计三维模型,然后将模型以STL格式输出,导入到SLM成形设备中。将配比精确的铝合金和TiC/SiC粉末进行球磨混合,装入SLM设备的粉床中。激光束根据切片层的数据选择性的熔化区域内的粉末得到二维的金属结构,经层层堆积最终可得到与CAD模型一致的三维铝合金复杂结构。之后采用线切割分离、热处理等后续处理工艺即可得到性能良好的复杂结构的铝合金零件。

[0027] SLM成形方法是增材制造技术中的一种粉床熔化工艺,该工艺能够直接根据CAD模型成形几乎完全致密的任意复杂的金属制件;通过逐层选择性地熔化金属粉末层并叠加来成形金属零件,可以直接制造结构复杂的金属零件,因此SLM成形方法可以最大限度实现设计的自由度。

[0028] 本发明使用的激光重熔扫描策略,是在完成第一次扫描成形后,第二次有针对性的对弥散强化相富集的熔池边界再扫描一次。在激光热量的作用下,熔池边界的弥散强化相随重熔的合金流动到熔池里面,从而减少了边界的聚集,较大程度的实现弥散强化相在铝合金基体中的弥散分布,及减轻零件的球化程度。同时,第一次扫描后部分球化的颗粒在第二次激光扫描的作用下,重新熔化从而降低零件的球化程度。

[0029] 实施例1

[0030] (1) 根据实际应用需要建立一个复杂零件CAD模型,将模型文件转成STL格式文件,以备进行SLM加工。

[0031] (2) 称取1.9kg SLM成形工艺的铝合金粉末Al-15Si。其中粉末为球形或近球形,粉末粒径分布在20-50 μm ,氧含量低于1000ppm;称取0.1kg纯度在99.9%以上的TiC粉末,粒径分布在100nm-10 μm 。在惰性气体保护下,采用球磨机进行球磨混合;

[0032] (3) 激光源为Yb光纤激光,波长为1070 \pm 10nm,最大功率为400W,光斑直径为0.12mm。在氩气保护下,对铝合金和TiC混合粉末根据CAD模型进行三维成形,成形过程中采用重熔扫描策略。待制件冷却后,清除表面浮粉,得到与CAD模型一致形状的零件。

[0033] (4) 采用线切割工艺将成形的零件从基板上分离,再将零件在马弗炉中450 $^{\circ}\text{C}$ 固溶处理6小时,淬火,并进行陶瓷珠喷砂处理,得到表面质量较高、高温性能良好的铝合金零件。

[0034] 实施例2

[0035] (1) 根据实际应用需要建立一个零件CAD模型,将模型文件转成STL格式文件,以备进行SLM加工。

[0036] (2) 称取1.8kg SLM成形工艺的铝合金粉末AlSi10Mg。其中粉末为球形或近球形,粉末粒径分布在20-40 μm ,氧含量低于1000ppm。称取0.2kg纯度在99.95%以上的SiC粉末,粒径分布在100nm-10 μm 。在惰性气体保护下,采用球磨机进行球磨混合;

[0037] (3) 激光源为Yb光纤激光,波长为1070 \pm 10nm,最大功率为400W,光斑直径为0.1mm。在氩气保护下,对铝合金和SiC混合粉末根据CAD模型进行三维成形,成形过程中采用重熔扫描策略以减轻零件球化程度。待制件冷却后,清除表面浮粉,得到与CAD模型一致形状的零件。

[0038] (4) 采用线切割工艺将成形的零件从基板上分离,再将零件在马弗炉中400 $^{\circ}\text{C}$ 固溶处理7小时,淬火,并进行陶瓷珠喷砂处理,得到表面质量较高、高温性能良好的铝合金零件。

[0039] 实施例3

[0040] (1) 根据实际应用需要建立一个零件CAD模型,将模型文件转成STL格式文件,以备进行SLM加工。

[0041] (2) 称取1.98kg SLM成形工艺的铝合金粉末Al-20Si。其中粉末为球形或近球形,粉末粒径分布在10-40 μm ,氧含量低于1000ppm。称取0.02kg纯度在99.99%以上的TiC粉末,粒径分布在100nm-10 μm 。在惰性气体保护下,采用球磨机进行球磨混合;

[0042] (3) 激光源为Yb光纤激光,波长为1070 \pm 10nm,最大功率为400W,光斑直径为0.15mm。在氩气保护下,对铝合金和TiC混合粉末根据CAD模型进行三维成形,成形过程中采用重熔扫描策略以减轻零件球化程度。待制件冷却后,清除表面浮粉,得到与CAD模型一致形状的零件。

[0043] (4) 采用线切割工艺将成形的零件从基板上分离,再将零件在马弗炉中500 $^{\circ}\text{C}$ 固溶处理6.5小时,淬火,并进行陶瓷珠喷砂处理,得到表面质量较高、高温性能良好的铝合金零件。

[0044] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

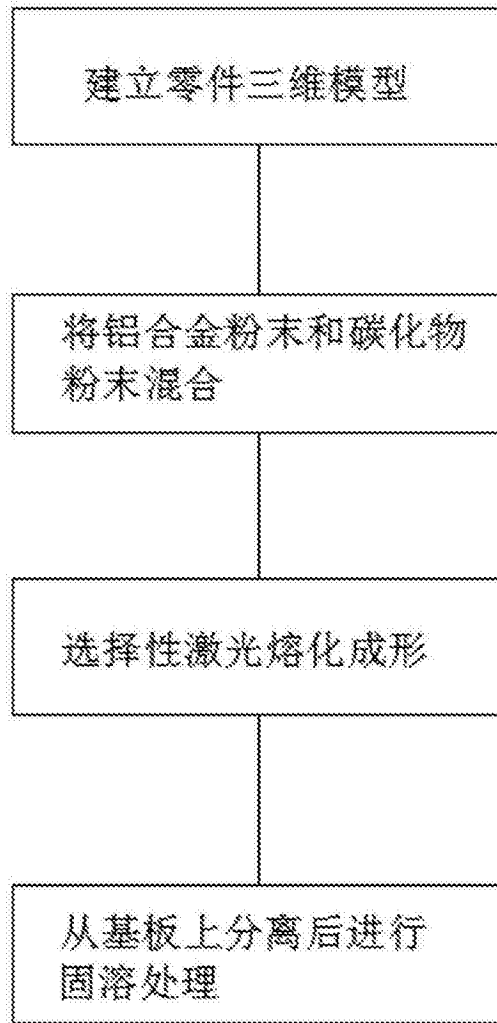


图1