



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104404508 B

(45)授权公告日 2017.04.05

(21)申请号 201410673502.0

B22F 1/00(2006.01)

(22)申请日 2014.11.24

G22C 38/56(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104404508 A

(56)对比文件

WO 2010058200 A1, 2010.05.27, 全文.

CN 102146563 A, 2011.08.10, 全文.

CN 102936724 A, 2013.02.20, 全文.

(43)申请公布日 2015.03.11

(73)专利权人 桂林电子科技大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星
区金鸡路1号

郭九生等.基于激光快速成型技术的快速模
具CAD.《机械科学与技术》.1999,第18卷(第1
期),158-159,163.

(72)发明人 王成磊 张光耀 高原 徐晋勇

审查员 原霞

(74)专利代理机构 桂林市华杰专利商标事务所
有限责任公司 45112

代理人 罗玉荣

(51)Int.Cl.

G23C 24/10(2006.01)

B22F 3/105(2006.01)

权利要求书1页 说明书3页

(54)发明名称

一种铝合金结构件的激光增材制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种铝合金结构件的激光增材制造方法,其特征是:将自制的氩气保护装置放置在工作台上,内部放置铝合金基材,预先充入高纯氩气,使腔内氧含量小于 $70\mu\text{L/L}$ 。利用特制送粉装置将一定的质量配比混合均匀的Al、铁基合金、稀土 La_2O_3 等超细金属粉末喷射到激光束产生的熔池中,形成与基材冶金结合的激光熔覆层。然后通过每一层的数控加工程序实现逐层激光熔覆,最终得到三维金属零件。从而制造出具有快速凝固组织特征的高性能、全致密、形状复杂的铝合金结构件。该制造方法的制造成本低、制造周期短、材料利用率高、性能稳定,可快速制作复杂零部件并较大幅度提高铝合金结构件的结构强度,减少合金内部气孔、裂纹、残余应力等组织缺陷。

1. 一种铝合金结构件的激光增材制造方法,包括CAD制图软件、3D打印技术、激光熔覆技术、激光增材制造技术、稀土改性技术,其特征是:具体步骤如下:

(1) 首先将铝合金基体材料用砂纸打磨、抛光,使材料表面粗糙度 $Ra < 1\mu\text{m}$,之后用5%~10%的盐酸酸洗30~40分钟,再用清水清洗,然后放入超声波仪器中用丙酮清洗半小时以上,最后将其放入高真空辉光等离子渗金属设备中阴极上,抽真空到 10^{-3}pa 以下,在电压-400~-800V,电流2~5 A参数下轰击30~40分钟,冷却到室温后取出待用;

(2) 将一定比例的Al粉、铁基合金粉末、稀土 La_2O_3 粉末采用球磨机混合4小时以上;粉末通过真空等离子旋转电极雾化工艺来制备,粒度 $0.050\sim 0.250\text{mm}$;粉末混合均匀后放入 150°C 的烘干箱烘干1小时以上,再置于特制的送粉器中备用;

(3) 在铝合金零件CAD三维实体模型切片数据的驱动下,利用切片技术将连续的三维CAD数模离散成具有一定层厚及顺序的分层切片,切片厚度为 $500\sim 800\mu\text{m}$,将铝合金结构件的三维数据信息转换成一系列的二维平面数据,提取每一层切片所产生的轮廓并根据切片轮廓设计合理的路径、激光扫描速度、搭接率等工艺参数,沿由二维平面数据所确定的扫描轨迹生成每一层的数控加工程序,并传递给数控工作台;

(4) 将自制的氩气保护装置放置在工作台上,内部放置烘干的铝合金基材,预先充入一定流量的高纯氩气 $\geq 99.99\%$,使腔内氧含量小于 $70\mu\text{L/L}$;

(5) 开启激光和数控设备,调出激光加工程序,点击运行按钮,激光束按照预定的加工轨迹运行,与此同时,送粉装置将混合粉末喷射到激光束产生的熔池中,形成与基材冶金结合的激光熔覆层;通过每一层的数控加工程序实现逐层激光熔覆,获得一个熔覆截面,一层熔覆过后,激光头上升到对应该薄层厚度,再熔覆第2层,并使第2层与第1层冶金结合在一起,就这样逐层熔覆下去,最终得到三维金属零件。

2. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征是:步骤(1)所述基体材料为任何系列铝合金。

3. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征是:步骤(2)中所述的各粉末的质量百分比为:Al: 60~80,铁基合金粉末:15~35, La_2O_3 粉末:5.0。

4. 根据权利要求3所述的制造方法,其特征是:所述铁基合金粉末质量百分比为:Cr: 30.0, Si:4.0, B: 3.5, Ni:5.0, Mn :1.5, C :3.2, Fe:余量。

5. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征是:步骤(3)所述激光熔覆的工艺参数为:输出功率 $1.2\sim 5\text{kW}$,光斑直径 $3\sim 8\text{mm}$,扫描速度 $200\sim 1000\text{mm/min}$,搭接率 $10\%\sim 30\%$ 。

6. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征是:步骤(4)所述高纯Ar气流量为 $15\sim 40\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

7. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征是:步骤(5)所述激光熔覆层厚度为 $500\sim 800\mu\text{m}$ 。

8. 用权利要求1~7之一所述的制造方法制成的铝合金结构件。

一种铝合金结构件的激光增材制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于激光增材制造,具体是一种铝合金结构件的激光增材制造方法。

背景技术

[0002] 激光增材制造技术(又称激光3D打印技术)是一种新型制造技术,可以克服传统加工的减材制造对原材料的大量浪费,同时具有快速成型,细化晶粒,组织均匀无缺陷,结构强度高,易加工复杂形状结构件等诸多优异特点。铝及铝合金是有色金属中应用最广泛的材料之一,铝合金具有密度小、易加工、热膨胀系数低、热导率高、比刚度和比强度高等诸多优异性能。在日常生产和生活以及航空、汽车、高铁、发动机活塞、光学仪器等领域取得了广泛应用。在国防工业和民用航空方面,铝合金是飞机机体结构的主要用材,尤其在自主研发的战斗机上,铝合金结构件所占的比重达到机身重量的50%以上。近20年来,不断提高铝合金结构件的性能、降低成本、开发新型铝合金是国内外的发展趋势,主要是围绕强度、刚度、耐热性、可靠性、长寿命、减重和低成本制造成形技术等问题而开展的。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为克服传统制造方法制备铝合金结构件的不足,而提供一种利用激光增材制造技术,通过计算机的编程控制在基材表面熔覆成型铝合金结构件的技术和制备方法。该表面涂层具有结构强度高、凝固组织晶粒细小,无组织缺陷,可大量节约金属材料,制造成本低等特点。

[0004] 实现本发明目的的技术方案是:

[0005] 一种铝合金结构件的激光增材制造方法,具体包括如下步骤:

[0006] (1)首先将铝合金基体材料用砂纸打磨、抛光,使材料表面粗糙度 $Ra < 1\mu m$,之后用5%~10%的盐酸酸洗30~40分钟,再用清水清洗,然后放入超声波仪器中用丙酮清洗半小时以上,最后将其放入高真空辉光等离子渗金属设备中阴极上,抽真空到 $10^{-3}pa$ 以下,在电压-400~-800V,电流2~5 A参数下轰击30~40分钟,冷却到室温后取出待用;

[0007] (2)将一定比例的Al粉、铁基合金粉末、稀土 La_2O_3 粉末采用球磨机混合4小时以上。粉末通过真空等离子旋转电极雾化工艺来制备,粒度 $0.050\sim 0.250mm$ 。粉末混合均匀后放入 $150^{\circ}C$ 的烘干箱烘干1小时以上,再置于特制的送粉器中备用;

[0008] (3)在铝合金零件CAD三维实体模型切片数据的驱动下,利用切片技术将连续的三维CAD数模离散成具有一定层厚及顺序的分层切片,切片厚度为 $500\sim 800\mu m$,将铝合金结构件的三维数据信息转换成一系列的二维平面数据,提取每一层切片所产生的轮廓并根据切片轮廓设计合理的路径、激光扫描速度、搭接率等工艺参数,沿由二维平面数据所确定的扫描轨迹生成每一层的数控加工程序,并传递给数控工作台;

[0009] (4)将自制的氩气保护装置放置在工作台上,内部放置烘干的铝合金基材,预先充入一定流量的高纯氩气($\geq 99.99\%$),使腔内氧含量小于 $70\mu L/L$;

[0010] (5)开启激光和数控设备,调出激光加工程序,点击运行按钮,激光束按照预定的

加工轨迹运行,与此同时,送粉装置将混合粉末喷射到激光束产生的熔池中,形成与基材冶金结合的激光熔覆层。通过每一层的数控加工程序实现逐层激光熔覆,获得一个熔覆截面。一层熔覆过后,激光头上升一定高度(对应该薄层厚度),再熔覆第2层,并使第2层与第1层冶金结合在一起,就这样逐层熔覆下去,最终得到三维金属零件。

[0011] 步骤(1)所述基体材料为任何系列铝合金;

[0012] 步骤(2)中所述的各粉末的质量百分比为:Al: 60~80,铁基合金粉末:15~35,La₂O₃粉末:5.0;铁基合金粉末质量百分比为:Cr:30.0,Si:4.0,B: 3.5,Ni:5.0,Mn :1.5,C:3.2,Fe:余量;

[0013] 步骤(3)所述激光熔覆的工艺参数为:输出功率1.2~5kW,光斑直径3~8mm,扫描速度200~1000mm/min,搭接率10%~30%;

[0014] 步骤(4)所述高纯Ar气流量为15~40L·min⁻¹;

[0015] 步骤(5)所述单个熔覆层厚度为500~800 μm。

[0016] 本发明的创新点是:将3D打印技术,高功率激光熔覆技术,激光增材制造技术,稀土改性技术与先进材料制备技术融合为一体,在CAD三维实体模型切片数据的驱动下,采用铝合金作为基体材料,制备出高性能的铝合金结构件,在无需任何专用模具和任何专用工装条件下直接快速制造出具有快速凝固组织特征的高性能、全致密、形状复杂的铝合金结构件。可用于航空器机体内部结构如框架、加强肋、腹板、接头件以及某些蒙皮等。

具体实施方式

[0017] 以下通过具体的实例来进一步说明本发明:

[0018] 实施例:

[0019] 试样基材为7050铝合金,尺寸200mm×200mm×8mm(长×宽×高),首先将基材用砂纸打磨、抛光,材料表面粗糙度Ra <1μm,之后用10%的盐酸酸洗30分钟,再用清水清洗,然后放入超声波仪器中用丙酮清洗半小时以上,最后将其放入高真空辉光等离子渗金属设备中阴极上,抽真空到2×10⁻³pa,在电压-600V,电流3A参数下轰击40分钟,冷却到室温后取出待用;

[0020] 将质量百分比为:Al: 70,铁基合金粉末:25,La₂O₃粉末:5.0的混合粉末采用球磨机混合4小时以上。粉末通过真空等离子旋转电极雾化工艺来制备,粒度0.050~0.250 mm。粉末混合均匀后放入150℃的烘干箱烘干1小时,再置于特制的送粉器中备用;

[0021] 铝合金成形件尺寸为200mm×200 mm×100 mm(长×宽×高),铝合金零件在CAD三维实体模型切片数据的驱动下,利用切片技术将连续的三维CAD数模离散成具有一定层厚及顺序的分层切片,切片厚度为600 μm,将铝合金结构件的三维数据信息转换成一系列的二维平面数据,提取每一层切片所产生的轮廓并根据切片轮廓设计合理的路径、激光扫描速度、搭接率等工艺参数。工艺参数采用:输出功率3.6 kW,光斑直径5.5 mm,扫描速度960 mm/min,搭接率20%;沿由二维平面数据所确定的扫描轨迹生成每一层的数控加工程序,并传递给数控工作台;

[0022] 将自制的氩气保护装置放置在工作台上,内部放置烘干的铝合金基材,预先充入一定流量的高纯氩气(≥99.99%),使腔内氧含量小于70μL/L;

[0023] 开启激光和数控设备,调出激光加工程序,点击运行按钮,激光束按照预定的加工

轨迹运行,与此同时,送粉装置将混合粉末喷射到激光束产生的熔池中,形成与基材冶金结合的激光熔覆层。通过每一层的数控加工程序实现逐层激光熔覆,获得一个熔覆截面。一层熔覆过后,激光头上升一定高度(对应该薄层厚度),再熔覆第2层,并使第2层与第1层冶金结合在一起,就这样逐层熔覆下去,最终得到三维金属零件,尺寸为200mm×200 mm×100 mm(长×宽×高)。

[0024] 产品检测:从铝合金成形件外表面可看出其表面光洁,颜色呈亮白色,形状规则,无宏观裂纹。将成形件做成截面分析其金相组织和扫描电镜SEM可知,铝合金成形件组织中无气孔和裂纹,组织均匀,层与层之间呈冶金结合。采用维氏硬度计测量硬度为754 HV_{0.5}。