



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114165362 A

(43) 申请公布日 2022.03.11

(21) 申请号 202111312733.5

(22) 申请日 2021.11.08

(71) 申请人 湖北三江航天江北机械工程有限公司

地址 432000 湖北省孝感市北京路特6号

(72) 发明人 徐海升 王芬 牛玉芳 李毓磊  
卢启辉

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 胡镇西 张继巍

(51) Int. Cl.

F02K 9/64 (2006.01)

F02K 9/60 (2006.01)

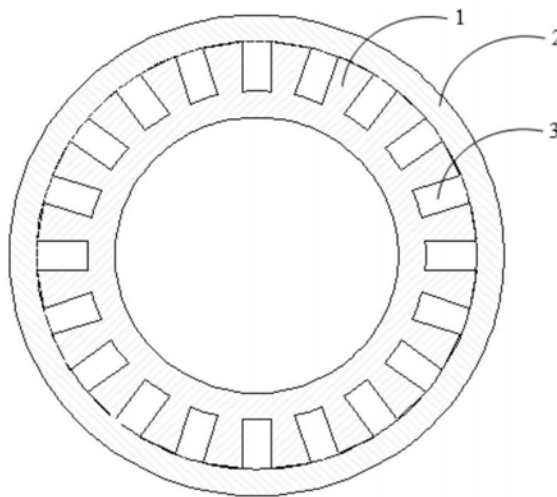
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

液体火箭发动机燃烧室复合成形方法

(57) 摘要

本发明公开了一种液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,内层成型-冷却槽的填充-电镀镍-外层激光沉积成形-外层加工-冷却槽清理。采用激光熔化(SLM)成形、电镀镍和激光沉积(LENS)成形进行异种材料燃烧室复杂结构整体复合,成形的冷却流道粗糙度低、冷却过程冷却流道流阻低、换热效率高,燃烧室整体成形异种金属界面强度高,且加工效率高。



1. 一种液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,所述液体火箭发动机燃烧室包括内层和外层,其特征在于:所述复合成形方法包括:

步骤1) 内层成型

采用高导热铜合金材料通过激光熔化增材成型方法成型内层,内层的外圆周面上沿径向方向均布在冷却槽,冷却槽为燃烧室的冷却流道,相邻两个冷却槽之间形成筋;

步骤2) 冷却槽的填充

对冷却槽进行填充填充剂;

步骤3) 电镀镍

对内层的外圆周面进行电镀镍并对电镀层进行清理;

步骤4) 外层激光沉积成形

在电镀层表面采用激光沉积方式成型外层,沉积的外层材料为不锈钢;

步骤5) 外层加工

采用机加工的方式对沉积成形后的外层进行加工;

步骤6) 冷却槽清理。

2. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤1)中,对冷却槽进行磨粒流抛光,抛光后冷却槽的内壁和底表面的粗糙度为Ra3.0~Ra3.5。

3. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤1)中,冷却槽的根部倒圆角,倒圆角的半径为0.1~0.3mm。

4. 根据权利要求2所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤1)中,抛光后对冷却槽的内壁和底表面进行清理。

5. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤2)中,填充剂为水溶性耐高温填充剂。

6. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤2)中,对填充剂的顶端面进行清理,填充剂的顶端面与内层的筋顶端面平齐并。

7. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤3)中,电镀层最薄处厚度20~50 $\mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤4)中,激光沉积过程分3~5次进行,沉积外层过程中第一层沉积层厚度0.1~0.5mm,后续沉积层厚度比第一层沉积层厚度大0.5~1mm。

9. 根据权利要求1所述液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,其特征在于:所述步骤6)中,采用水溶剂对冷却槽内填充剂进行清理。

## 液体火箭发动机燃烧室复合成形方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及液体火箭发动机燃烧室成形技术领域,具体涉及一种液体火箭发动机燃烧室复合成形方法。

### 背景技术

[0002] 液体火箭发动机是运载火箭最关键的动力系统之一,正在向大推力、高室压、短周期、低成本、可重复使用的方向发展,对燃烧室等关键结构的高效高性能制造工艺方法提出了越来越高的要求。

[0003] 液体火箭发动机燃烧室是火箭发动机燃料燃烧并产生火箭推力的核心部分之一,通常工作温度超过3500K,超过了绝大多数材料的熔点。现有燃烧室技术路线通常是采用夹层冷却方式对燃烧室进行强制冷却;而传统燃烧室采用的是内壁铣槽加工+外壁电铸镍或钎焊/扩散焊成形方式。存在周期长、成本高、成品率低、重复使用性能差等问题。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服现有技术的不足,提供一种强度高、周期短、成本低的液体火箭发动机燃烧室复合成形方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明所设计的液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,所述液体火箭发动机燃烧室包括内层和外层,所述复合成形方法包括:

[0006] 步骤1) 内层成型

[0007] 采用高导热铜合金材料通过激光熔化增材成型方法成型内层,内层的外圆周面上沿径向方向均布在冷却槽,冷却槽为燃烧室的冷却流道,相邻两个冷却槽之间形成筋;

[0008] 步骤2) 冷却槽的填充

[0009] 对冷却槽进行填充填充剂;

[0010] 步骤3) 电镀镍

[0011] 对内层的外圆周面进行电镀镍并对电镀层进行清理;

[0012] 步骤4) 外层激光沉积成形

[0013] 在电镀层表面采用激光沉积方式成型外层,沉积的外层材料为不锈钢;

[0014] 步骤5) 外层加工

[0015] 采用机加工的方式对沉积成形后的外层进行加工;

[0016] 步骤6) 冷却槽清理。

[0017] 进一步地,所述步骤1)中,对冷却槽进行磨粒流抛光,抛光后冷却槽的内壁和底表面的粗糙度为Ra3.0~Ra3.5。

[0018] 进一步地,所述步骤1)中,冷却槽的根部倒圆角,倒圆角的半径为0.1~0.3mm。

[0019] 进一步地,所述步骤1)中,抛光后对冷却槽的内壁和底表面进行清理。

[0020] 进一步地,所述步骤2)中,填充剂为水溶性耐高温填充剂。

[0021] 进一步地,所述步骤2)中,对填充剂的顶端面进行清理,填充剂的顶端面与内层的

筋顶端面平齐并。

[0022] 进一步地,所述步骤3)中,电镀层最薄处厚度20~50 $\mu\text{m}$ 。

[0023] 进一步地,所述步骤4)中,激光沉积过程分3~5次进行,沉积外层过程中第一层沉积层厚度0.1~0.5mm,后续沉积层厚度比第一层沉积层厚度大0.5~1mm。

[0024] 进一步地,所述步骤6)中,采用水溶剂对冷却槽内填充剂进行清理。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0026] 本发明采用激光熔化(SLM)成形、电镀镍和激光沉积(LENS)成形进行异种材料燃烧室复杂结构整体复合,成形的冷却流道粗糙度低、冷却过程冷却流道流阻低、换热效率高,燃烧室整体成形异种金属界面强度高,且加工效率高;克服了现有燃烧室电铸外壁技术所存在的强度弱、周期长、成本高,真空钎焊外壁技术的设备复杂、对外壁复杂型面加工精度要求高、内壁冷却流道易堵塞等缺陷,单一激光增材成形冷却流道粗糙、复杂流道型腔内部粉末清理困难、不适合异种金属成型;

[0027] 本发明的燃烧室成形方法适用于不同推力、不同冷却槽结构的的内壁铜合金槽式再生冷却结构、外壁不锈钢或高温合金结构燃烧室制造。

## 附图说明

[0028] 图1为液体火箭发动机燃烧室结构示意图;

[0029] 图2为图1的部分示意图;

[0030] 图3为图1中内层结构示意图;

## 具体实施方式

[0031] 下面结合具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0032] 液体火箭发动机燃烧室复合成形方法,如图1所示,液体火箭发动机燃烧室包括内层1和外层2,复合成形方法具体如下:

[0033] 步骤1)内层成型

[0034] 采用高导热铜合金(如Cu-Zr)材料通过激光熔化(SLM)增材成型方法成型内层,内层的外圆周面上沿径向方向均布在冷却槽3,冷却槽为燃烧室的冷却流道,相邻两个冷却槽之间形成筋5;

[0035] 并对冷却槽进行磨粒流抛光,如图3所示抛光后冷却槽的内壁8和底表7面的粗糙度为Ra3.0~Ra3.5,冷却槽的根部10倒圆角,倒圆角的半径为0.1~0.3mm;

[0036] 对抛光后的冷却槽进行清理,清理冷却槽的内壁和底表面,为后续冷却槽的填充做准备;

[0037] 步骤2)冷却槽的填充

[0038] 对冷却槽进行填充填充剂,填充剂为水溶性耐高温填充剂(如水溶性耐热硫酸镁无机盐)

[0039] 对填充剂的顶端面进行清理,确保填充剂的顶端面与内层的筋顶端面9平齐并且筋表面光滑,无尖锐突出和杂质;

[0040] 步骤3)电镀镍

[0041] 对内层的外圆周面进行电镀镍,电镀层4最薄处厚度20~50 $\mu\text{m}$ ,如图2所示;

[0042] 对电镀层进行清理,清理电镀层表面电镀瘤、尖锐突出,清理后电镀层表面光滑无凸出;

[0043] 步骤4) 外层激光沉积成形

[0044] 在电镀层表面采用激光沉积 (LENS) 方式成型外层1,沉积的外层材料为不锈钢;

[0045] 激光沉积过程分3~5次进行,沉积外层过程中第一层沉积层厚度0.1~0.5mm,避免与铜合金界面生成过多的金属间化合物,降低异种金属界面性能;后续沉积层厚度比第一层沉积层厚度大0.5~1mm;

[0046] 激光沉积过程中,激光光斑直径为1~3mm、单道层厚为0.1~0.5mm、扫描速度为0.3~0.5m/min、激光功率为1200~1800w,通过控制这些参数避免了缺陷的出现,并将层间表面黑渣、氧化皮等杂质清除干净;

[0047] 步骤5) 外层加工

[0048] 采用机加工的方式对沉积成形后的外层进行加工,保证设计图要求的外壁尺寸及形位要求;

[0049] 步骤6) 冷却槽清理

[0050] 采用水溶剂对冷却槽内填充剂进行清理;

[0051] 采用高纯水循环冲洗冷却槽,确保冷却槽内部无多余物残留,清理完毕后采用射线检测,确保内部无残留多余物。

[0052] 本发明采用激光熔化 (SLM) 成形、电镀镍和激光沉积 (LENS) 成形进行异种材料燃烧室复杂结构整体复合,成形的冷却流道粗糙度低、冷却过程冷却流道流阻低、换热效率高,燃烧室整体成形异种金属界面强度高,且加工效率高;克服了现有燃烧室电铸外壁技术所存在的强度弱、周期长、成本高,真空钎焊外壁技术的设备复杂、对外壁复杂型面加工精度要求高、内壁冷却流道易堵塞等缺陷,单一激光增材成形冷却流道粗糙、复杂流道型腔内部粉末清理困难、不适合异种金属成型。

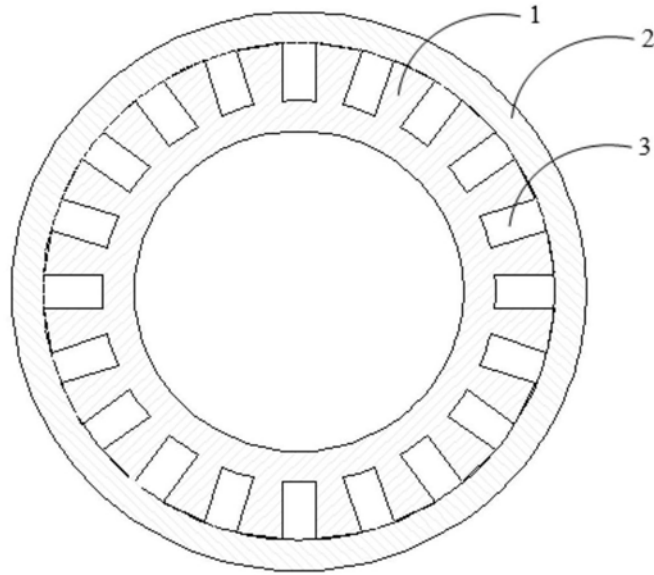


图1

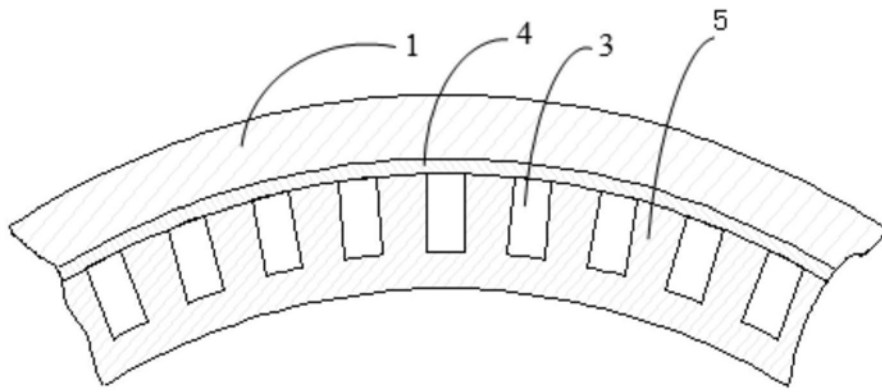


图2

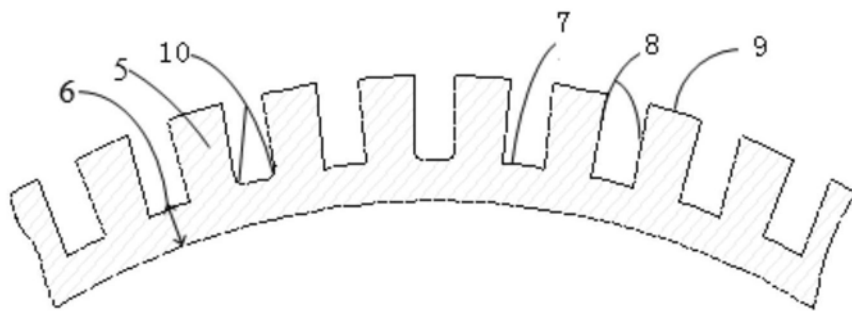


图3