



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106670455 A

(43)申请公布日 2017.05.17

(21)申请号 201710088220.8

(22)申请日 2017.02.17

(71)申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72)发明人 何鹏 林铁松 陈倩倩

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 李红媛

(51) Int. Cl.

B22F 3/00(2006.01)

B33Y 10/00(2015.01)

权利要求书2页 说明书6页

(54)发明名称

一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法

(57)摘要

一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法,本发明涉及3D打印成型制造方法。本发明要解决陶瓷金属异质结构复杂形状成型困难,且金属与陶瓷材料钎焊形成的焊接结构件接头存在较大应力的问题。方法:一、三维模型建立;二、 Si_3N_4 陶瓷料浆的制备;三、Ti金属料浆的制备;四、引发剂的制备;五、输送浆料及打印;六、逐层打印;七、烧结,得到陶瓷金属异质结构件。本发明用于一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法。

1. 一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法,其特征在于一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法是按以下步骤进行:

一、三维模型建立:

通过Auto CAD软件建立零件结构的三维模型,模型经分层切片处理,设定打印层厚度为0.5mm~1mm,打印时,浆料喷头与引发剂喷头的移动速度为20mm/s~50mm/s,将数据传输到3D冷打印设备中;

二、Si₃N₄陶瓷料浆的制备:

将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中,得到预混液A,向预混液A中加入质量百分数为25%~28%的氨水和异辛醇,然后加入Si₃N₄陶瓷粉末混合搅拌,再加入Al₂O₃,在N₂气氛下球磨20h,得到Si₃N₄陶瓷料浆;

所述的Si₃N₄陶瓷料浆中Si₃N₄陶瓷粉末的固相体积分数为40%~50%;

所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为(0.2~0.3):100;所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为(20~30):100;所述的质量分数为25%~28%的氨水与预混液A的质量比为(0.4~1.0):100;所述的异辛醇与预混液A的质量比为(0.1~0.3):100;所述的Al₂O₃与Si₃N₄陶瓷粉末的质量比为(2~5):100;

三、Ti金属料浆的制备:

将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中,得到预混液B,向预混液B中加入质量百分数为25%~28%的氨水和异辛醇,然后加入Ti金属粉末混合搅拌,在N₂气氛下球磨20h,得到Ti金属料浆;

所述的Ti金属料浆中Ti金属粉末的固相体积分数为40%~60%;

所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为(0.2~0.3):100;所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为(20~30):100;所述的质量分数为25%~28%的氨水与预混液B的质量比为(0.4~1.0):100;所述的异辛醇与预混液B的质量比为(0.1~0.3):100;

四、引发剂的制备:

将偶氮二异丁基脒盐酸盐与水混合,得到质量百分数为20%~30%的引发剂水溶液;

五、输送浆料及打印:

保持Si₃N₄陶瓷料浆及Ti金属料浆的温度为50℃~60℃,采用两套送料系统分别输送Si₃N₄陶瓷料浆及Ti金属料浆至同一浆料喷头中,采用另一套送料系统输送引发剂水溶液至引发剂喷头,且浆料喷头与引发剂喷头同时输送,设输送Si₃N₄陶瓷料浆系统的流速V₁及输送Ti金属料浆系统的流速V₂,且V₁=V₂,V₁及V₂恒定,设浆料喷头的挤出体积流量为Q,设Si₃N₄陶瓷料浆输送体积流量为Q₁,设输送Si₃N₄陶瓷料浆系统出口的截面积为S₁,设Ti金属料浆输送体积流量为Q₂,设输送Ti金属料浆系统出口的截面积S₂,Q=Q₁+Q₂,保持Q恒定,设引发剂喷头的挤出体积流量为Q₃,Q:Q₃=1:(0.05~0.3);室温下,由陶瓷打印开始,保持Q₁=Q,Q₂=0,直至打印至陶瓷与金属的过渡区域,在V₁恒定的条件下,通过改变输送Si₃N₄陶瓷料浆系统出口的截面积S₁,使Q₁与时间的函数呈线性变化,S₁变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时间增加,Q₁降低,在V₂恒定的条件下,通过改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积S₂,使Q₂与时间的函数呈线性变化,S₂变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时间增加,Q₂增大,当Q₁=Q₂时,在Q₁=Q₂的条件下,保持200s~300s,保持后,在V₁恒定的条件下,继续以改变输送Si₃N₄陶瓷料浆系统出口的截面积为S₁,使Q₁与时间的函数呈线性变化,S₁变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时

间增加, Q_1 降低, 在 V_2 恒定的条件下, 改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 , 使 Q_2 与时间的函数呈线性变化, S_2 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s} \sim 5\text{mm}^2/\text{s}$, 随时间增加, Q_2 增大, 当 Q_1 降低至0, Q_2 增大至 Q 时, 然后以 $Q_2=Q$ 的速度打印Ti金属, 直至一层打印完成;

六、逐层打印:

在室温条件下, 按步骤五逐层打印成零件坯体, 得到3D冷打印坯体;

七、烧结:

将3D冷打印坯体干燥, 然后在温度为 $400^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 下脱脂, 再在温度为 $1600^\circ\text{C} \sim 1700^\circ\text{C}$ 下进行烧结2h, 最后随炉冷却, 得到陶瓷金属异质结构件。

2. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤二中所述的 Si_3N_4 陶瓷粉末的粒径为 $10\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤二中所述的 Al_2O_3 的粒径为 $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤三中所述的Ti金属粉末的粒径为 $10\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤一中设定打印层厚度为1mm, 打印时, 浆料喷头与引发剂喷头的移动速度为 $50\text{mm}/\text{s}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤二中所述的 Si_3N_4 陶瓷料浆中 Si_3N_4 陶瓷粉末的固相体积分数为50%。

7. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤三中所述的Ti金属料浆中Ti金属粉末的固相体积分数为60%。

8. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤五中当 $Q_1=Q_2$ 时, 在 $Q_1=Q_2$ 的条件下, 保持200s。

9. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤七中将3D冷打印坯体干燥, 然后在温度为 600°C 下脱脂。

10. 根据权利要求1所述的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法, 其特征在于步骤七中再在温度为 1650°C 下进行烧结2h。

一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及3D打印成型制造方法。

背景技术

[0002] 3D打印技术是一种以数字模型文件为基础,运用粉末状金属或塑料等可粘合材料,通过逐层打印的方式来构造物体的技术。它无需机械加工或任何模具,就能直接从计算机图形数据中生成任何形状的零件。3D冷打印技术用低粘度、高固含量的金属粉末料浆来代替3D打印的原材料,把这种料浆当做打印的“墨水”,在室温或低温条件下实现金属零件坯体的逐层打印。3D冷打印技术能一体化成形具有任意复杂空间结构的零件坯体,无需使用激光,直接在常温或低温下成形,成形后坯体再经干燥、脱脂和烧结得到致密结构件,是一种新型的易实现、高效率、低成本的3D打印技术。

[0003] 3D打印技术可以实现结构优化,适合于复杂形状零件的制造,也适合于难加工材料的制造,由于陶瓷材料硬而脆的特点使其加工成形尤其困难,特别是复杂陶瓷件需通过模具来成形,模具加工成本高、开发周期长,难以满足产品不断更新的需求。

发明内容

[0004] 本发明要解决陶瓷金属异质结构复杂形状成型困难,且金属与陶瓷材料钎焊形成的焊接结构件接头存在较大应力的问题,而提供一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法。

[0005] 一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法是按以下步骤进行:

[0006] 一、三维模型建立:

[0007] 通过Auto CAD软件建立零件结构的三维模型,模型经分层切片处理,设定打印层厚度为0.5mm~1mm,打印时,浆料喷头与引发剂喷头的移动速度为20mm/s~50mm/s,将数据传输到3D冷打印设备中;

[0008] 二、 Si_3N_4 陶瓷料浆的制备:

[0009] 将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中,得到预混液A,向预混液A中加入质量百分数为25%~28%的氨水和异辛醇,然后加入 Si_3N_4 陶瓷粉末混合搅拌,再加入 Al_2O_3 ,在 N_2 气氛下球磨20h,得到 Si_3N_4 陶瓷料浆;

[0010] 所述的 Si_3N_4 陶瓷料浆中 Si_3N_4 陶瓷粉末的固相体积分数为40%~50%;

[0011] 所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为(0.2~0.3):100;所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为(20~30):100;所述的质量分数为25%~28%的氨水与预混液A的质量比为(0.4~1.0):100;所述的异辛醇与预混液A的质量比为(0.1~0.3):100;所述的 Al_2O_3 与 Si_3N_4 陶瓷粉末的质量比为(2~5):100;

[0012] 三、Ti金属料浆的制备:

[0013] 将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中,得到预混液B,向预混液B中加入质量百分数为25%~28%的氨水和异辛醇,然后加入Ti金属粉末混合搅拌,在 N_2 气

氛下球磨20h,得到Ti金属料浆;

[0014] 所述的Ti金属料浆中Ti金属粉末的固相体积分数为40%~60%;

[0015] 所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为(0.2~0.3):100;所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为(20~30):100;所述的质量分数为25%~28%的氨水与预混液B的质量比为(0.4~1.0):100;所述的异辛醇与预混液B的质量比为(0.1~0.3):100;

[0016] 四、引发剂的制备:

[0017] 将偶氮二异丁基脒盐酸盐与水混合,得到质量百分数为20%~30%的引发剂水溶液;

[0018] 五、输送浆料及打印:

[0019] 保持Si₃N₄陶瓷料浆及Ti金属料浆的温度为50℃~60℃,采用两套送料系统分别输送Si₃N₄陶瓷料浆及Ti金属料浆至同一浆料喷头中,采用另一套送料系统输送引发剂水溶液至引发剂喷头,且浆料喷头与引发剂喷头同时输送,设输送Si₃N₄陶瓷料浆系统的流速V₁及输送Ti金属料浆系统的流速V₂,且V₁=V₂,V₁及V₂恒定,设浆料喷头的挤出体积流量为Q,设Si₃N₄陶瓷料浆输送体积流量为Q₁,设输送Si₃N₄陶瓷料浆系统出口的截面积为S₁,设Ti金属料浆输送体积流量为Q₂,设输送Ti金属料浆系统出口的截面积S₂, $Q=Q_1+Q_2$,保持Q恒定,设引发剂喷头的挤出体积流量为Q₃, $Q:Q_3=1:(0.05\sim0.3)$;室温下,由陶瓷打印开始,保持Q₁=Q,Q₂=0,直至打印至陶瓷与金属的过渡区域,在V₁恒定的条件下,通过改变输送Si₃N₄陶瓷料浆系统出口的截面积S₁,使Q₁与时间的函数呈线性变化,S₁变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时间增加,Q₁降低,在V₂恒定的条件下,通过改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积S₂,使Q₂与时间的函数呈线性变化,S₂变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时间增加,Q₂增大,当Q₁=Q₂时,在Q₁=Q₂的条件下,保持200s~300s,保持后,在V₁恒定的条件下,继续以改变输送Si₃N₄陶瓷料浆系统出口的截面积为S₁,使Q₁与时间的函数呈线性变化,S₁变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时间增加,Q₁降低,在V₂恒定的条件下,改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积S₂,使Q₂与时间的函数呈线性变化,S₂变化率为2mm²/s~5mm²/s,随时间增加,Q₂增大,当Q₁降低至0,Q₂增大至Q时,然后以Q₂=Q的速度打印Ti金属,直至一层打印完成;

[0020] 六、逐层打印:

[0021] 在室温条件下,按步骤五逐层打印成零件坯体,得到3D冷打印坯体;

[0022] 七、烧结:

[0023] 将3D冷打印坯体干燥,然后在温度为400℃~600℃下脱脂,再在温度为1600℃~1700℃下进行烧结2h,最后随炉冷却,得到陶瓷金属异质结构件。

[0024] 本发明的有益效果是:1、本发明陶瓷金属异质结构3D打印成型制造技术,可以实现任意复杂结构零件的制造,可以解决陶瓷材料硬而脆使其加工成型困难的问题。

[0025] 2、本发明采用3D冷打印技术,直接在常温或低温下成形,成形后坯体再经干燥、脱脂和烧结得到致密结构件,是一种新型的易实现、高效率、低成本的3D打印技术。

[0026] 3、通过陶瓷材料与金属材料的逐渐过渡,能够提高陶瓷与金属的结合强度。

[0027] 4、在3D冷打印、整体烧结过程中,释放了部分结构应力,有效缓和了陶瓷金属结构件的接头应力较大的问题。

[0028] 本发明用于一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法。

具体实施方式

[0029] 具体实施方式一：本实施方式的一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法是按以下步骤进行：

[0030] 一、三维模型建立：

[0031] 通过Auto CAD软件建立零件结构的三维模型，模型经分层切片处理，设定打印层厚度为0.5mm~1mm，打印时，浆料喷头与引发剂喷头的移动速度为20mm/s~50mm/s，将数据传输到3D冷打印设备中；

[0032] 二、 Si_3N_4 陶瓷料浆的制备：

[0033] 将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中，得到预混液A，向预混液A中加入质量百分数为25%~28%的氨水和异辛醇，然后加入 Si_3N_4 陶瓷粉末混合搅拌，再加入 Al_2O_3 ，在 N_2 气氛下球磨20h，得到 Si_3N_4 陶瓷料浆；

[0034] 所述的 Si_3N_4 陶瓷料浆中 Si_3N_4 陶瓷粉末的固相体积分数为40%~50%；

[0035] 所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为(0.2~0.3):100；所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为(20~30):100；所述的质量分数为25%~28%的氨水与预混液A的质量比为(0.4~1.0):100；所述的异辛醇与预混液A的质量比为(0.1~0.3):100；所述的 Al_2O_3 与 Si_3N_4 陶瓷粉末的质量比为(2~5):100；

[0036] 三、Ti金属料浆的制备：

[0037] 将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中，得到预混液B，向预混液B中加入质量百分数为25%~28%的氨水和异辛醇，然后加入Ti金属粉末混合搅拌，在 N_2 气氛下球磨20h，得到Ti金属料浆；

[0038] 所述的Ti金属料浆中Ti金属粉末的固相体积分数为40%~60%；

[0039] 所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为(0.2~0.3):100；所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为(20~30):100；所述的质量分数为25%~28%的氨水与预混液B的质量比为(0.4~1.0):100；所述的异辛醇与预混液B的质量比为(0.1~0.3):100；

[0040] 四、引发剂的制备：

[0041] 将偶氮二异丁基脒盐酸盐与水混合，得到质量百分数为20%~30%的引发剂水溶液；

[0042] 五、输送浆料及打印：

[0043] 保持 Si_3N_4 陶瓷料浆及Ti金属料浆的温度为50℃~60℃，采用两套送料系统分别输送 Si_3N_4 陶瓷料浆及Ti金属料浆至同一浆料喷头中，采用另一套送料系统输送引发剂水溶液至引发剂喷头，且浆料喷头与引发剂喷头同时输送，设输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统的流速 V_1 及输送Ti金属料浆系统的流速 V_2 ，且 $V_1=V_2$ ， V_1 及 V_2 恒定，设浆料喷头的挤出体积流量为 Q ，设 Si_3N_4 陶瓷料浆输送体积流量为 Q_1 ，设输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面积为 S_1 ，设Ti金属料浆输送体积流量为 Q_2 ，设输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 ， $Q=Q_1+Q_2$ ，保持 Q 恒定，设引发剂喷头的挤出体积流量为 Q_3 ， $Q:Q_3=1:(0.05\sim0.3)$ ；室温下，由陶瓷打印开始，保持 $Q_1=Q$ ， $Q_2=0$ ，直至打印至陶瓷与金属的过渡区域，在 V_1 恒定的条件下，通过改变输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面积 S_1 ，使 Q_1 与时间的函数呈线性变化， S_1 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s}\sim5\text{mm}^2/\text{s}$ ，随时间增加， Q_1 降低，在 V_2 恒定的条件下，通过改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 ，使 Q_2

与时间的函数呈线性变化, S_2 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s} \sim 5\text{mm}^2/\text{s}$, 随时间增加, Q_2 增大, 当 $Q_1=Q_2$ 时, 在 $Q_1=Q_2$ 的条件下, 保持 $200\text{s} \sim 300\text{s}$, 保持后, 在 V_1 恒定的条件下, 继续以改变输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面积为 S_1 , 使 Q_1 与时间的函数呈线性变化, S_1 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s} \sim 5\text{mm}^2/\text{s}$, 随时间增加, Q_1 降低, 在 V_2 恒定的条件下, 改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 , 使 Q_2 与时间的函数呈线性变化, S_2 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s} \sim 5\text{mm}^2/\text{s}$, 随时间增加, Q_2 增大, 当 Q_1 降低至0, Q_2 增大至 Q 时, 然后以 $Q_2=Q$ 的速度打印Ti金属, 直至一层打印完成;

[0044] 六、逐层打印:

[0045] 在室温条件下, 按步骤五逐层打印成零件坯体, 得到3D冷打印坯体;

[0046] 七、烧结:

[0047] 将3D冷打印坯体干燥, 然后在温度为 $400^\circ\text{C} \sim 600^\circ\text{C}$ 下脱脂, 再在温度为 $1600^\circ\text{C} \sim 1700^\circ\text{C}$ 下进行烧结2h, 最后随炉冷却, 得到陶瓷金属异质结构件。

[0048] 本实施方式的有益效果是: 1、本实施方式陶瓷金属异质结构3D打印成型制造技术, 可以实现任意复杂结构零件的制造, 可以解决陶瓷材料硬而脆使其加工成型困难的问题。

[0049] 2、本实施方式采用3D冷打印技术, 直接在常温或低温下成形, 成形后坯体再经干燥、脱脂和烧结得到致密结构件, 是一种新型的易实现、高效率、低成本的3D打印技术。

[0050] 3、通过陶瓷材料与金属材料的逐渐过渡, 能够提高陶瓷与金属的结合强度。

[0051] 4、在3D冷打印、整体烧结过程中, 释放了部分结构应力, 有效缓和了陶瓷金属结构件的接头应力较大的问题。

[0052] 具体实施方式二: 本实施方式与具体实施方式一不同的是: 步骤二中所述的 Si_3N_4 陶瓷粉末的粒径为 $10\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。其它与具体实施方式一相同。

[0053] 具体实施方式三: 本实施方式与具体实施方式一或二之一不同的是: 步骤二中所述的 Al_2O_3 的粒径为 $1\mu\text{m} \sim 2\mu\text{m}$ 。其它与具体实施方式一或二相同。

[0054] 具体实施方式四: 本实施方式与具体实施方式一至三之一不同的是: 步骤三中所所述的Ti金属粉末的粒径为 $10\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 。其它与具体实施方式一至三相同。

[0055] 具体实施方式五: 本实施方式与具体实施方式一至四之一不同的是: 步骤一中设定打印层厚度为 1mm , 打印时, 浆料喷头与引发剂喷头的移动速度为 $50\text{mm}/\text{s}$ 。其它与具体实施方式一至四相同。

[0056] 具体实施方式六: 本实施方式与具体实施方式一至五之一不同的是: 步骤二中所述的 Si_3N_4 陶瓷料浆中 Si_3N_4 陶瓷粉末的固相体积分数为 50% 。其它与具体实施方式一至五相同。

[0057] 具体实施方式七: 本实施方式与具体实施方式一至六之一不同的是: 步骤三中所所述的Ti金属料浆中Ti金属粉末的固相体积分数为 60% 。其它与具体实施方式一至六相同。

[0058] 具体实施方式八: 本实施方式与具体实施方式一至七之一不同的是: 步骤五中当 $Q_1=Q_2$ 时, 在 $Q_1=Q_2$ 的条件下, 保持 200s 。其它与具体实施方式一至七相同。

[0059] 具体实施方式九: 本实施方式与具体实施方式一至八之一不同的是: 步骤七中将3D冷打印坯体干燥, 然后在温度为 600°C 下脱脂。其它与具体实施方式一至八相同。

[0060] 具体实施方式十: 本实施方式与具体实施方式一至九之一不同的是: 步骤七中再在温度为 1650°C 下进行烧结2h。其它与具体实施方式一至九相同。

[0061] 采用以下实施例验证本发明的有益效果：

[0062] 实施例一：

[0063] 一种陶瓷金属异质结构3D打印成型制造方法是按以下步骤进行：

[0064] 一、三维模型建立：

[0065] 通过Auto CAD软件建立零件结构的三维模型，模型经分层切片处理，设定打印层厚度为1mm，打印时，浆料喷头与引发剂喷头的移动速度为50mm/s，将数据传输到3D冷打印设备中；

[0066] 二、 Si_3N_4 陶瓷料浆的制备：

[0067] 将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中，得到预混液A，向预混液A中加入质量百分数为25%的氨水和异辛醇，然后加入 Si_3N_4 陶瓷粉末混合搅拌，再加入 Al_2O_3 ，在 N_2 气氛下球磨20h，得到 Si_3N_4 陶瓷料浆；

[0068] 所述的 Si_3N_4 陶瓷料浆中 Si_3N_4 陶瓷粉末的固相体积分数为50%；

[0069] 所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为0.3:100；所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为25:100；所述的质量分数为25%的氨水与预混液A的质量比为1.0:100；所述的异辛醇与预混液A的质量比为0.2:100；所述的 Al_2O_3 与 Si_3N_4 陶瓷粉末的质量比为3:100；

[0070] 三、Ti金属料浆的制备：

[0071] 将丙烯酰胺、N,N'-亚甲基双丙烯酰胺溶解于去离子水中，得到预混液B，向预混液B中加入质量百分数为25%的氨水和异辛醇，然后加入Ti金属粉末混合搅拌，在 N_2 气氛下球磨20h，得到Ti金属料浆；

[0072] 所述的Ti金属料浆中Ti金属粉末的固相体积分数为60%；

[0073] 所述的N,N'-亚甲基双丙烯酰胺与去离子水的质量比为0.3:100；所述的丙烯酰胺与去离子水的质量比为25:100；所述的质量分数为25%的氨水与预混液B的质量比为1.0:100；所述的异辛醇与预混液B的质量比为0.2:100；

[0074] 四、引发剂的制备：

[0075] 将偶氮二异丁基脒盐酸盐与水混合，得到质量百分数为20%的引发剂水溶液；

[0076] 五、输送浆料及打印：

[0077] 保持 Si_3N_4 陶瓷料浆及Ti金属料浆的温度为50℃，采用两套送料系统分别输送 Si_3N_4 陶瓷料浆及Ti金属料浆至同一浆料喷头中，采用另一套送料系统输送引发剂水溶液至引发剂喷头，且浆料喷头与引发剂喷头同时输送，设输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统的流速 V_1 及输送Ti金属料浆系统的流速 V_2 ，且 $V_1 = V_2$ ， V_1 及 V_2 恒定，设浆料喷头的挤出体积流量为 $Q = 39.3\text{mm}^3/\text{s}$ ，设 Si_3N_4 陶瓷料浆输送体积流量为 Q_1 ，设输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面积为 S_1 ，设Ti金属料浆输送体积流量为 Q_2 ，设输送Ti金属料浆系统出口的截面积为 S_2 ， $Q = Q_1 + Q_2$ ，保持 Q 恒定，设引发剂喷头的挤出体积流量为 Q_3 ， $Q:Q_3 = 1:0.2$ ；室温下，由陶瓷打印开始，保持 $Q_1 = Q$ ， $Q_2 = 0$ ，直至打印至陶瓷与金属的过渡区域，在 V_1 恒定的条件下，通过改变输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面积 S_1 ，使 Q_1 与时间的函数呈线性变化， S_1 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s}$ ，随时间增加， Q_1 降低，在 V_2 恒定的条件下，通过改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 ，使 Q_2 与时间的函数呈线性变化， S_2 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s}$ ，随时间增加， Q_2 增大，当 $Q_1 = Q_2$ 时，在 $Q_1 = Q_2$ 的条件下，保持200s，保持后，在 V_1 恒定的条件下，继续以改变输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面

积 S_1 ,使 Q_1 与时间的函数呈线性变化, S_1 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s}$,随时间增加, Q_1 降低,在 V_2 恒定的条件下,改变输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 ,使 Q_2 与时间的函数呈线性变化, S_2 变化率为 $2\text{mm}^2/\text{s}$,随时间增加, Q_2 增大,当 Q_1 降低至0, Q_2 增大至 Q 时,然后以 $Q_2=Q$ 的速度打印Ti金属,直至一层打印完成;

[0078] 六、逐层打印:

[0079] 在室温条件下,按步骤五逐层打印成零件坯体,得到3D冷打印坯体;

[0080] 七、烧结:

[0081] 将3D冷打印坯体干燥,然后在温度为 600°C 下脱脂,再在温度为 1650°C 下进行烧结2h,最后以降温速度为 $5^\circ\text{C}/\text{min}$ 冷却至室温,得到陶瓷金属异质结构件;

[0082] 步骤二中所述的 Si_3N_4 陶瓷粉末的粒径为 $10\mu\text{m}$;

[0083] 步骤二中所述的 Al_2O_3 的粒径为 $1\mu\text{m}$;

[0084] 步骤三中所述的Ti金属粉末的粒径为 $10\mu\text{m}$;

[0085] 步骤五中 $V_1=V_2=0.6\text{mm}/\text{s}$,设浆料喷头的流速为 $V=50\text{mm}/\text{s}$;

[0086] 本实施例中通过电机转动螺杆改变料浆出口截面积来控制 Si_3N_4 陶瓷料浆及Ti金属料浆的输送体积流量,当输送系统未使用时,输送 Si_3N_4 陶瓷料浆系统出口的截面积 S_1 及输送Ti金属料浆系统出口的截面积 S_2 为最大值时, $S_1=S_2=15\text{mm}\times 5\text{mm}$ 。

[0087] 本实施例制备的Ti与 Si_3N_4 陶瓷的陶瓷金属异质结构件致密度约85%。

[0088] 本实施例制得的Ti与 Si_3N_4 陶瓷的陶瓷金属异质结构件接头抗剪强度达到 100MPa 以上,比钎焊 Si_3N_4 陶瓷与Ti金属接头提高30%左右。