



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101462151 B

(45) 授权公告日 2010.09.08

(21) 申请号 200910071295.0

(22) 申请日 2009.01.16

(73) 专利权人 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 陈玉勇 陈艳飞 田竟 肖树龙
孔凡涛 徐丽娟 王惠光 刘志光

(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 金永焕

(51) Int. Cl.

B22C 9/04 (2006.01)

B22C 7/02 (2006.01)

B22C 3/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1299850 C, 2007.02.14, 全文.

CN 1243620 C, 2006.03.01, 全文.

陈玉平. 熔模铸造硅溶胶模壳制造工艺. 铸造技术. 2006, 27(2), 170-172.

陈玉勇, 等. 钛熔模精铸用氧化物陶瓷型壳制壳工艺的研究. 材料工程. 1999, (8), 37-40.

苏彦庆, 等. TiAl 基合金涡轮熔模型壳离心精密铸造. 稀有金属材料与工程. 2002, 31(4), 295-298.

审查员 陈志红

权利要求书 2 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法

(57) 摘要

一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法, 它涉及一种氧化物陶瓷模壳的制备方法。它解决了 TiAl 基合金精铸生产过程存在着制壳干燥慢、铸件生产周期较长及成本高的问题。制备方法: 一、采用 SLS 技术制备熔模; 二、铝矾土表面包覆聚乙烯醇并研磨成粒状; 三、对模壳面层进行涂挂; 四、对模壳背层进行涂挂; 五、对模壳进行脱蜡及焙烧; 六、TiAl 基合金的真空浇铸, 得到 TiAl 基合金铸件。本发明从 CAD 设计到获得 TiAl 基合金精铸件仅需 13~15 天, 而传统方法至少需要 45~60 天, 节省了近 2/3 的生产制造周期, 制造成本也相应的得到了降低。

1. 一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法按以下步骤实施:一、采用 SolidWorks 软件设计出三维 CAD 模型,用 magic 软件转换后保存为 STL 文件,再将 STL 文件的数据信息输送到 SLS 快速成型机上,用选择性激光烧结技术逐层烧结直径小于 0.2mm 的聚苯乙烯粉,再浸蜡后制得熔模,而后用工业酒精对熔模表面与内部进行清洗,晾干;二、将聚乙烯醇 1788 粉末和 60 目铝矾土砂加入到蒸馏水中并以搅拌速度为 300 ~ 400r/min 搅拌至聚乙烯醇 1788 粉末均匀包裹于铝矾土砂表面,然后在温度为 60 ~ 80℃ 条件下,干燥处理 3 ~ 4h 并研磨 1h;三、将 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 2.5 ~ 3.8 : 1 的质量比混合后,再加入占二醋酸锆体积 0.02% ~ 0.08% 的脂肪醇聚氧乙烯醚和 0.04% ~ 0.07% 的正辛醇,在搅拌速度为 300 ~ 400r/min 条件下搅拌 1 ~ 2h,然后静置 30min,得面层涂料,而后将熔模浸入面层涂料沾浆 10 ~ 15s 后取出,在熔模上的面层涂料流动均匀而不再连续下滴后进行面层撒砂、干燥;四、将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 2.5 ~ 3 : 1 的质量比混合,得流杯粘度为 60 ~ 100s 的背层涂料,然后进行背层 1 ~ 7 层涂挂,得模壳;五、将模壳放入箱式电阻炉中,随炉升温至 200 ~ 400℃ 保温 1 ~ 2h,然后升温至 500 ~ 700℃ 保温 1 ~ 2h,继续升温至 900 ~ 1050℃ 保温 1 ~ 2h,然后随炉冷却至室温,得 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳;六、将 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳放置于水冷铜坩埚真空感应熔炼炉中,抽真空至 10^{-2} mbar 后进行 TiAl 基合金熔炼,在 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳预热温度为 300 ~ 400℃ 的条件下进行浇铸,得 TiAl 基合金铸件;其中步骤二中按 0.8 ~ 1.5 : 0.8 ~ 1.5 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂,再称取占蒸馏水质量 0.5% ~ 1.2% 的聚乙烯醇 1788 粉末;步骤三中面层涂料的流杯粘度为 70 ~ 110s,撒砂使用的是粒度在 30 ~ 60 目的氧化锆砂;步骤四中第一层到第六层涂挂包括沾浆和撒砂两个步骤,步骤四中所用撒砂材料为步骤二中表面覆盖聚乙烯醇 1788 粉末的铝矾土砂和未经处理的铝矾土砂,二者质量比为 1 : 1,并混合均匀;第七层在涂挂过程中只进行沾浆,不进行撒砂,步骤四中涂挂时层与层涂挂间隔时间为 20min。

2. 根据权利要求 1 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤二中搅拌速度为 320 ~ 380r/min。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤二中按 0.9 ~ 1.2 : 0.9 ~ 1.2 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂。

4. 根据权利要求 3 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤二中称取占蒸馏水质量 0.6% ~ 1.0% 的聚乙烯醇 1788 粉末。

5. 根据权利要求 1、2 或 4 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤三中 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 2.8 ~ 3.2 : 1 的质量比混合。

6. 根据权利要求 5 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤三中加入占二醋酸锆体积 0.04 ~ 0.06% 的脂肪醇聚氧乙烯醚和 0.06% 的正辛醇。

7. 根据权利要求 1、2、4 或 6 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤三中面层涂料的流杯粘度为 80 ~ 100s。

8. 根据权利要求 7 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤三中撒砂使用的是粒度在 40 ~ 50 目之间的氧化锆砂。

9. 根据权利要求 1、2、4、6 或 8 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在于步骤四中将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 2.6 ~ 2.8 : 1 的质量比混合。

10. 根据权利要求 9 所述的一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法,其特征在
于步骤四中背层涂料的流杯粘度为 70 ~ 90s。

一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种氧化物陶瓷模壳的制备方法。

背景技术

[0002] 轻质耐高温结构材料及其制备加工技术是航空航天发展的重要物质基础。随着新型飞行器的飞行速度提高、飞行速度增长,新型飞行器对轻质耐高温结构材料的需求极为迫切。而 TiAl 基合金因其具有密度低 ($4\text{g}/\text{cm}^3$)、强度高 (700MPa)、刚度大 (20°C , 175GPa; 700°C , 150GPa)、耐高温 (使用温度可达 750°C) 和优异的抗氧化性 (800°C 以下抗氧化性较好) 的优点,有望取代镍基高温合金 (密度 $8.7\text{g}/\text{cm}^3$) 而应用于新型飞行器制造。但是, TiAl 基合金的室温脆性低和难加工性是阻碍其通向实用的瓶颈。采用熔模精密铸造技术可以生产出形状复杂、净成形或近净成形 TiAl 基合金结构件,大大减少加工工时。然而,现有 TiAl 基合金精铸生产过程却存在着制壳干燥慢、铸件生产周期较长及成本高的问题,一定程度上影响了 TiAl 基合金铸件的研制,大大降低了对航空航天领域需求的快速反应的能力。

发明内容

[0003] 发明目的是为了解决现有 TiAl 基合金精铸生产过程存在着制壳干燥慢、铸件生产周期较长及成本高的问题,而提供一种熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法。

[0004] 熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法按以下步骤实施:一、采用 SolidWorks 软件设计出三维 CAD 模型,用 magic 软件转换后保存为 STL 文件,再将 STL 文件的数据信息输送到 SLS 快速成型机上,用选择性激光烧结技术逐层烧结直径小于 0.2mm 的聚苯乙烯粉,再浸蜡后制得熔模,而后用工业酒精对熔模表面与内部进行清洗,晾干;二、将 60 目铝矾土砂和聚乙烯醇 1788 粉末加入到蒸馏水中并以搅拌速度为 $300 \sim 400\text{r}/\text{min}$ 搅拌至聚乙烯醇 1788 粉末均匀包裹于铝矾土砂表面,然后在温度为 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 条件下,干燥处理 $3 \sim 4\text{h}$ 并研磨 1h;三、将 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 $2.5 \sim 3.8 : 1$ 的质量比混合后,再加入占二醋酸锆体积 $0.02\% \sim 0.08\%$ 的脂肪醇聚氧乙烯醚和 $0.04\% \sim 0.07\%$ 的正辛醇,在搅拌速度为 $300 \sim 400\text{r}/\text{min}$ 条件下搅拌 $1 \sim 2\text{h}$,然后静置 30min,得面层涂料,而后将熔模浸入面层涂料沾浆 $10 \sim 15\text{s}$ 后取出,在熔模上的面层涂料流动均匀而不再连续下滴后进行面层撒砂、干燥;四、将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 $2.5 \sim 3 : 1$ 的质量比混合,得流杯粘度为 $60 \sim 100\text{s}$ 的背层涂料,然后进行背层 $1 \sim 7$ 层涂挂,得模壳;五、将模壳放入箱式电阻炉中,随炉升温至 $200 \sim 400^\circ\text{C}$ 保温 $1 \sim 2\text{h}$,然后升温至 $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 保温 $1 \sim 2\text{h}$,继续升温至 $900 \sim 1050^\circ\text{C}$ 保温 $1 \sim 2\text{h}$,然后随炉冷却至室温,得 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳;六、将 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳放置于水冷铜坩埚真空感应熔炼炉中,抽真空至 10^{-2}mbar 后进行 TiAl 基合金熔炼,在 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳预热温度为 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 的条件下进行浇铸,得 TiAl 基合金铸件;其中步骤二中按 $0.8 \sim 1.5 : 0.8 \sim 1.5$ 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂,再称取占蒸馏水质量 $0.5\% \sim 1.2\%$ 的聚乙烯醇 1788 粉末;

步骤三中面层涂料的流杯粘度为 70 ~ 110s, 撒砂使用的是粒度在 30 ~ 60 目的氧化锆砂; 步骤四中第一层到第六层涂挂包括沾浆和撒砂两个步骤, 步骤四中所用撒砂材料为步骤二中表面包覆聚乙烯醇 1788 粉末的铝矾土砂和未经处理的铝矾土砂, 二者质量比为 1 : 1, 并混合均匀; 第七层在涂挂过程中只进行沾浆, 不进行撒砂, 步骤四中涂挂时层与层涂挂间隔时间为 20min。

[0005] 本发明熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法应用了聚乙烯醇 1788 粉末吸湿速度快和吸湿性大的特点, 节省了层与层间干燥所需时间, 从而提高了 TiAl 基合金铸件的生产效率。本发明不需要模具, 从 CAD 设计到获得 TiAl 基合金精铸件仅需 13 ~ 15 天, 较传统方法至少需要 45 ~ 60 天, 节省了近 2/3 的生产制造周期, 大大降低了制造成本。

[0006] 本发明所得模壳尤其适用于小批量 TiAl 基合金铸件的试制及生产。

具体实施方式

[0007] 本发明技术方案不局限于以下所列举具体实施方式, 还包括各具体实施方式间的任意组合。

[0008] 具体实施方式一: 本实施方式熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法按以下步骤实施: 一、采用 SolidWorks 软件设计出三维 CAD 模型, 用 magic 软件转换后保存为 STL 文件, 再将 STL 文件的数据信息输送到 SLS 快速成型机上, 用选择性激光烧结技术逐层烧结直径小于 0.2mm 的聚苯乙烯粉, 再浸蜡后制得熔模, 而后用工业酒精对熔模表面与内部进行清洗, 晾干; 二、将 60 目铝矾土砂和聚乙烯醇 1788 粉末加入到蒸馏水中并以搅拌速度为 300 ~ 400r/min 搅拌至聚乙烯醇 1788 粉末均匀包裹于铝矾土砂表面, 然后在温度为 60 ~ 80℃ 条件下, 干燥处理 3 ~ 4h 并研磨 1h; 三、将 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 2.5 ~ 3.8 : 1 的质量比混合后, 再加入占二醋酸锆体积 0.02% ~ 0.08% 的脂肪醇聚氧乙烯醚和 0.04% ~ 0.07% 的正辛醇, 在搅拌速度为 300 ~ 400r/min 条件下搅拌 1 ~ 2h, 然后静置 30min, 得面层涂料, 而后将熔模浸入面层涂料沾浆 10 ~ 15s 后取出, 在熔模上的面层涂料流动均匀而不再连续下滴后进行面层撒砂、干燥; 四、将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 2.5 ~ 3 : 1 的质量比混合, 得流杯粘度为 60 ~ 100s 的背层涂料, 然后进行背层 1 ~ 7 层涂挂, 得模壳; 五、将模壳放入箱式电阻炉中, 随炉升温至 200 ~ 400℃ 保温 1 ~ 2h, 然后升温至 500 ~ 700℃ 保温 1 ~ 2h, 继续升温至 900 ~ 1050℃ 保温 1 ~ 2h, 然后随炉冷却至室温, 得 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳; 六、将 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳放置于水冷铜坩埚真空感应熔炼炉中, 抽真空至 10^{-2} mbar 后进行 TiAl 基合金熔炼, 在 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳预热温度为 300 ~ 400℃ 的条件下进行浇铸, 得 TiAl 基合金铸件; 其中步骤二中按 0.8 ~ 1.5 : 0.8 ~ 1.5 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂, 再称取占蒸馏水质量 0.5% ~ 1.2% 的聚乙烯醇 1788 粉末; 步骤三中面层涂料的流杯粘度为 70 ~ 110s, 撒砂使用的是粒度在 30 ~ 60 目的氧化锆砂; 步骤四中第一层到第六层涂挂包括沾浆和撒砂两个步骤, 步骤四中所用撒砂材料为步骤二中表面包覆聚乙烯醇 1788 粉末的铝矾土砂和未经处理的铝矾土砂, 二者质量比为 1 : 1, 并混合均匀; 第七层在涂挂过程中只进行沾浆, 不进行撒砂, 步骤四中涂挂时层与层涂挂间隔时间为 20min。

[0009] 本实施方式步骤一是应用的 SLS 技术制备出的熔模, 烧结后处理后原型轮廓清晰、强度较高、表面光洁。尺寸精度更高达 200mm ± 0.25, 原始粗糙度为 Ra 25 ~ 100 μm, 经

表面处理达 Ra 3.2 ~ 12.5 μm。

[0010] 本实施方式步骤二中铝矾土砂和聚乙烯醇 1788 粉末是逐步加入到蒸馏水中的，目的是为了铝矾土表面包覆的聚乙烯醇更加均一。

[0011] 本实施方式步骤三中的撒砂即可采用机器撒砂也可采用手工撒砂。

[0012] 本实施方式步骤三与步骤四中涂挂的粘度均采用涂-4 粘度计进行测量的。

[0013] 本实施方式步骤五中得到的 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳具有不开裂、不分层、不黑壳、内层光洁且精度高的优点。

[0014] 本实施方式中所使用的原材料均在市场购买。

[0015] 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搅拌速度为 320 ~ 380r/min。其它步骤及参数与具体实施方式一相同。

[0016] 具体实施方式三：本实施方式与具体实施方式一不同的是步骤二中搅拌速度为 350r/min。其它步骤及参数与具体实施方式一相同。

[0017] 具体实施方式四：本实施方式与具体实施方式一、二或三不同的是步骤二中温度为 65 ~ 75℃。其它步骤及参数与具体实施方式一、二或三相同。

[0018] 具体实施方式五：本实施方式与具体实施方式一、二或三不同的是步骤二中温度为 70℃。其它步骤及参数与具体实施方式一、二或三相同。

[0019] 具体实施方式六：本实施方式与具体实施方式四或五不同的是步骤二中干燥处理时间为 3.2 ~ 3.8h。其它步骤及参数与具体实施方式四或五相同。

[0020] 具体实施方式七：本实施方式与具体实施方式四或五不同的是步骤二中干燥处理时间为 3.5h。其它步骤及参数与具体实施方式四或五相同。

[0021] 具体实施方式八：本实施方式与具体实施方式一、二、三、六或七不同的是步骤二中按 0.9 ~ 1.2 : 0.9 ~ 1.2 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂。其它步骤及参数与具体实施方式一、二、三、六或七相同。

[0022] 具体实施方式九：本实施方式与具体实施方式一、二、三、六或七不同的是步骤二中按 1 : 1 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂。其它步骤及参数与具体实施方式一、二、三、六或七相同。

[0023] 具体实施方式十：本实施方式与具体实施方式八或九不同的是步骤二中称取占蒸馏水质量 0.6% ~ 1.0% 的聚乙烯醇 1788 粉末。其它步骤及参数与具体实施方式八或九相同。

[0024] 具体实施方式十一：本实施方式与具体实施方式八或九不同的是步骤二中称取占蒸馏水质量 0.9% 的聚乙烯醇 1788 粉末。其它步骤及参数与具体实施方式八或九相同。

[0025] 具体实施方式十二：本实施方式与具体实施方式一至十不同的是步骤三中 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 2.8 ~ 3.2 : 1 的质量比混合。其它步骤及参数与具体实施方式一至十相同。

[0026] 具体实施方式十三：本实施方式与具体实施方式一至十一不同的是步骤三中 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 3.0 : 1 的质量比混合后。其它步骤及参数与具体实施方式一至十一相同。

[0027] 具体实施方式十四：本实施方式与具体实施方式十二或十三不同的是步骤三中搅拌速度为 320 ~ 380r/min。其它步骤及参数与具体实施方式十二或十三相同。

[0028] 具体实施方式十五:本实施方式与具体实施方式十二或十三不同的是步骤三中搅拌速度为 350r/min。其它步骤及参数与具体实施方式十二或十三相同。

[0029] 具体实施方式十六:本实施方式与具体实施方式一至十五不同的是步骤三中搅拌时间为 1.2 ~ 1.8h。其它步骤及参数与具体实施方式一至十五相同。

[0030] 具体实施方式十七:本实施方式与具体实施方式一至十五不同的是步骤三中搅拌时间为 1.5h。其它步骤及参数与具体实施方式一至十五相同。

[0031] 具体实施方式十八:本实施方式与具体实施方式十六或十七不同的是步骤三中加入占二醋酸锆体积为 0.04%~0.06%的脂肪醇聚氧乙烯醚和 0.06%的正辛醇。其它步骤及参数与具体实施方式十六或十七相同。

[0032] 具体实施方式十九:本实施方式与具体实施方式十六或十七不同的是加入占二醋酸锆体积为 0.05%的脂肪醇聚氧乙烯醚和 0.05%的正辛醇。其它步骤及参数与具体实施方式十六或十七相同。

[0033] 具体实施方式二十:本实施方式与具体实施方式一至十九不同的是步骤三中将熔模浸入面层涂料 11 ~ 14s 后取出。其它步骤及参数与具体实施方式一至十九相同。

[0034] 具体实施方式二十一:本实施方式与具体实施方式一至十九不同的是步骤三中将熔模浸入面层涂料 12s 后取出。其它步骤及参数与具体实施方式一至十九相同。

[0035] 具体实施方式二十二:本实施方式与具体实施方式二十或二十一不同的是步骤三中面层涂料的流杯粘度为 80 ~ 100s。其它步骤及参数与具体实施方式二十或二十一相同。

[0036] 具体实施方式二十三:本实施方式与具体实施方式二十或二十一不同的是步骤三中面层涂料的流杯粘度为 90s。其它步骤及参数与具体实施方式二十或二十一相同。

[0037] 具体实施方式二十四:本实施方式与具体实施方式一至二十三不同的是步骤三中撒砂使用的是粒度在 40 ~ 50 目之间的氧化锆砂。其它步骤及参数与具体实施方式一至二十三相同。

[0038] 具体实施方式二十五:本实施方式与具体实施方式一至二十三不同的是步骤三中撒砂使用的是粒度为 45 目氧化锆砂。其它步骤及参数与具体实施方式一至二十三相同。

[0039] 具体实施方式二十六:本实施方式与具体实施方式二十四或二十五不同的是步骤三中干燥时间为 5 ~ 8h。其它步骤及参数与具体实施方式二十四或二十五相同。

[0040] 具体实施方式二十七:本实施方式与具体实施方式二十四或二十五不同的是步骤三中干燥时间为 7h。其它步骤及参数与具体实施方式二十四或二十五相同。

[0041] 具体实施方式二十八:本实施方式与具体实施方式一至二十七不同的是步骤四中将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 2.6 ~ 2.8 : 1 的质量比混合。其它步骤及参数与具体实施方式一至二十七相同。

[0042] 具体实施方式二十九:本实施方式与具体实施方式一至二十七不同的是步骤四中将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 2.7 : 1 的质量比混合。其它步骤及参数与具体实施方式一至二十七相同。

[0043] 具体实施方式三十:本实施方式与具体实施方式二十八或二十九不同的是步骤四中背层涂料的流杯粘度为 70 ~ 90s。其它步骤及参数与具体实施方式二十八或二十九相同。

[0044] 具体实施方式三十一:本实施方式与具体实施方式二十八或二十九不同的是步骤

四中背层涂料的流杯粘度为 80s。其它步骤及参数与具体实施方式二十八或二十九相同。

[0045] 具体实施方式三十二:本实施方式与具体实施方式一至三十一不同的是步骤五中随炉升温至 240 ~ 360℃保温 1.2 ~ 1.8h。其它步骤及参数与具体实施方式一至三十一相同。

[0046] 具体实施方式三十三:本实施方式与具体实施方式一至三十一不同的是步骤五中随炉升温至 300℃保温 1.5h。其它步骤及参数与具体实施方式一至三十一相同。

[0047] 具体实施方式三十四:本实施方式与具体实施方式一至三十一不同的是步骤五中然后升温至 600℃保温 1.5h。其它步骤及参数与具体实施方式一至三十一相同。

[0048] 具体实施方式三十五:本实施方式与具体实施方式一至三十一不同的是步骤五中继续升温至 1000℃保温 1.5h。其它步骤及参数与具体实施方式一至三十一相同。

[0049] 具体实施方式三十六:本实施方式与具体实施方式一至三十五不同的是步骤六中在 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳预热温度为 320 ~ 380℃的条件下进行浇铸。其它步骤及参数与具体实施方式一至三十五相同。

[0050] 具体实施方式三十七:本实施方式与具体实施方式一至三十五不同的是步骤六中在 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳预热温度为 350℃的条件下进行浇铸。其它步骤及参数与具体实施方式一至三十五相同。

[0051] 具体实施方式三十八:本实施方式熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳的制备方法按以下步骤实施:一、采用 SolidWorks 软件设计出三维 CAD 模型,用 magic 软件转换后保存为 STL 文件,再将 STL 文件的数据信息输送到 SLS 快速成型机上,然后用选择性激光烧结技术逐层烧结直径小于 0.2mm 的聚苯乙烯粉,再浸蜡后制得熔模,而后用工业酒精对熔模表面与内部进行清洗,晾干;二、将铝矾土砂和聚乙烯醇 1788 粉末加入到蒸馏水中并以搅拌速度为 360r/min 搅拌至聚乙烯醇 1788 粉末均匀包裹于铝矾土砂表面,然后在温度为 70℃条件下,干燥处理 3h 并研磨 1h;三、将 325 目氧化锆粉与二醋酸锆按 2.8 : 1 的质量比混合后,再加入占二醋酸锆体积为 0.06% 的脂肪醇聚氧乙烯醚和 0.05% 的正辛醇,在搅拌速度为 300r/min 条件下搅拌 1.5h,然后静置 30min,得面层涂料,而后将熔模浸入面层涂料沾浆 10s 后取出,在熔模上的面层涂料流动均匀而不再连续下滴后进行撒砂、干燥;四、将 325 目铝矾土粉与硅溶胶按 3 : 1 的质量比混合,得背层涂料,然后在背层涂料的流杯粘度为 80s 进行背层第一层涂挂,然后涂挂背层第一层至第七层,得模壳;五、将模壳放入箱式电阻炉中,随炉升温至 300℃保温 1.5h,然后升温至 600℃保温 1.5h,继续升温至 1000℃保温 1.5h,然后随炉冷却至室温,得 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳;六、将 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳放置于水冷铜坩埚真空感应熔炼炉中,抽真空至 10^{-2} mbar 后进行 TiAl 基合金熔炼,在 TiAl 基合金精铸用氧化物陶瓷模壳预热温度为 300℃的条件下进行浇铸,得铸件;其中步骤二中按 1 : 1 的质量比称取蒸馏水和铝矾土砂,再称取占蒸馏水质量 0.8% 的聚乙烯醇 1788 粉末;步骤三中面层涂料的流杯粘度为 90s,撒砂使用的是粒度为 60 目的氧化锆砂;步骤四中背层第一层到第六层涂挂包括沾浆和撒砂两个步骤,步骤四中所用撒砂材料为步骤二中表面包覆聚乙烯醇 1788 粉末的铝矾土砂和未经处理的铝矾土砂,二者质量比为 1 : 1,并混合均匀;步骤四中第七层在涂挂过程中只进行沾浆,不进行撒砂,步骤四中涂挂时层与层涂挂间隔时间为 20min。

[0052] 采用本实施方式浇铸出的 TiAl 基合金拉伸试样表面质量良好,光滑无裂痕,可一

次性拉伸。

[0053] 本实施方式所制备的熔模精密铸造 TiAl 基合金模壳从 CAD 设计到获得 TiAl 基合金精铸件需要 14 天,节省了生产制造周期,大大降低了制造成本。