



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109434029 A

(43)申请公布日 2019.03.08

(21)申请号 201811557838.5 *B22C 9/02(2006.01)*  
(22)申请日 2018.12.19 *B22C 9/10(2006.01)*  
(71)申请人 西安西工大超晶科技发展有限责任 *B33Y 80/00(2015.01)*  
公司  
地址 710000 陕西省西安市经济技术开发  
区泾渭新城泾高北路东段10号  
(72)发明人 薛祥义 何益可 高暖 王睿  
周中波  
(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任  
公司 61200  
代理人 安彦彦  
(51)Int.Cl.  
*B22C 9/12(2006.01)*  
*B22C 21/14(2006.01)*  
*B22D 18/04(2006.01)*

权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法

(57)摘要

一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,根据铸件特点,设计浇注系统,完成分型;根据砂型和砂芯特点,在砂芯底部添加支撑件;采用覆膜砂打印砂型和砂芯,对砂型和砂芯残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化后清理;采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化后再次修型清理;将烘烤方箱直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将砂型和砂芯放置在相对应的烘烤方箱中心部位,撒上玻璃珠,进行烘烤后将砂型和砂芯完成拼接;浇注砂型,得到铸件;清洗即可。本发明提高了砂型和砂芯的强度和耐冲击性能,让3D打印真正和传统铸造相结合,砂型和砂芯不再出现充型断裂现象,质量处于稳定状态,保证铸件生产成本大幅度降低,同时,尽可能节省试制铸件生产成本。

1. 一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:根据铸件特点,设计浇注系统,完成分型;

步骤2:根据步骤1中砂型和砂芯特点,在砂芯底部添加支撑件;

步骤3:采用覆膜砂打印步骤2中砂型和砂芯,对砂型和砂芯残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化,对处理完整的砂型和砂芯进行清理;

步骤4:针对步骤3中清理完成的砂型和砂芯,采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化,对烘烤后起皮部位再次修型清理;

步骤5:根据步骤3中砂型、砂芯特点和玻璃珠填充厚度,制作若干烘烤方箱,砂型和砂芯放入方箱内时,砂型和砂芯边沿距烘烤方箱内壁30mm;

步骤6:将步骤5中制作的烘烤方箱5直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将步骤4中制备的砂型和砂芯放置在相对应的烘烤方箱5中心部位,撒上玻璃珠,玻璃珠距砂型和砂芯最上端高度不超过30mm;

步骤7:进行烘烤;

步骤8:砂型和砂芯烘烤完成后将玻璃珠清理干净;

步骤9:将步骤8中砂型和砂芯完成拼接;

步骤10:浇注步骤9中砂型,得到铸件;

步骤11:清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口,打磨铸件表面毛刺;

步骤12:将步骤11中铸件加热后空冷,将油路管内砂芯震碎,再将油路管内剩余砂芯清理。

2. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,支撑件为圆柱体支撑件、长方体支撑件和平板支撑件,方便取型和搬运。

3. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤3中,同一位置连续烘烤时间不超过5s。

4. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤4中,同一位置同时烘烤时间不超过3s。

5. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤5中,若砂型为大平面,则玻璃珠填充厚度高于砂芯的大平面40~50mm,或者玻璃珠将砂芯最高点埋住。

6. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤7中,砂型尺寸 $>120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:240~270℃保温9~13h,随炉冷却2h,开炉空冷;

$50\times 30\times 20\text{mm}\leq$ 砂型尺寸 $\leq 120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:220~240℃保温7~9h,随炉冷却2h,开炉空冷;

砂型尺寸 $\leq 50\times 30\times 20\text{mm}$ ,烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷;

砂芯的烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。

7. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤10中,采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型。

8. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤12中,加热的温度为360℃,时间为2h。

9. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤12中,采

用振动筛将油路管内砂芯震碎。

10. 根据权利要求1所述的一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,其特征在于,步骤12中,采用高压水枪将油路管内剩余砂芯清理。

## 一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,该方法适用于3D打印覆膜砂砂型和砂芯,采用烘箱烘烤砂型和砂芯的成型方法。

### 背景技术

[0002] 砂型铸造是一种以砂为主要材料制作铸型,在砂型中浇注成型铸件的铸造方式。一般砂型的制作都需要制作模具,砂型模具制作一般需要4~6个月,铸件的生产一般需要1~2个月,铸件的整个生产周期长,成本高,砂型的尺寸精度低,型腔稍微复杂的铸件造型困难,模具的制作也受限于铸件的复杂程度,不能达到真正零部件的近净成形。特别是随着航空航天领域的快速发展,铸件往复杂薄壁、外观设计各异以及多油路管道集成的方向发展,产品更新研发换代频率明显加快。核心装备的整体化与轻量化依赖于关键零部件的高性能和复杂化,采用传统的砂型铸造生产方式已不能满足现代铸造的发展需要。

[0003] 近年来发展迅速的3D打印技术在制作复杂铸件方面优势明显,具有无需模具、铸件生产周期短,具有降低铸件生产难度的优势,但是3D打印技术无法形成大尺寸铸件、不适合大批量铸件的生产,并且砂型没有成熟的检测标准等劣势。传统的铸造方式适合大批量生产,受限于复杂铸件的成型,但在大批量铸件的生产以及整体成型复杂结构件等方面具有优势。因此现阶段将3D打印技术与传统铸造生产方式相结合,进行优势互补,开发出了快速铸造方式。现在应用最广泛成熟技术采用3D打印砂型,结合传统铸造方式,快速完成铸件生产。两者的结合可以直接成型砂型和砂芯,减少模具制作环节,具有响应快、生产周期短、砂型和砂芯一体化,可制造出任意复杂形状铸件等特点,而且可以随着零部件结构设计的变化而随时改型,在航空航天领域解决一些关键铸件的生产已经展现出巨大的潜力。

[0004] 采用传统浇注方式,特别是反重力浇注,充型压力较大,针对砂型和砂芯的强度和耐冲击性能要求也随之提高,现阶段3D打印砂型多采用覆膜砂激光烧结,然后成批烘烤提高砂型强度和耐冲击性。目前针对砂型强度和耐冲击性能没有具体的标准说明,一般只能根据砂型烘烤后表面颜色、砂粒间隙和实际浇注充型后根据铸件情况来评估砂型烘烤情况。国内目前没有针对砂型的烘烤工艺和生产过程控制展开具体研究,砂型和砂芯烘烤成型工艺和试验数据严重缺乏,一旦出现强度和耐冲击性能较差的砂型和砂芯,会直接造成铸件夹杂,特别是具有复杂油路的砂芯,其结构长而细多曲折弯路,强度稍有不足,不仅为砂芯和砂型的拼接造成很大的困难,而且在金属液浇注充型的过程中,导致砂芯断裂,致使油路管堵塞,造成不可挽回的损失。由于以上种种问题的出现,现阶段迫切需要找到一种合理的方法,为铸件3D打印砂型、砂芯烘烤工艺和生产过程控制提供坚实的基础。

### 发明内容

[0005] 为克服现有技术中的问题,本发明的目的在于提供一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下的技术方案:

- [0007] 一种3D打印砂型和砂芯烘烤方法,包括以下步骤:
- [0008] 步骤1:根据铸件特点,设计浇注系统,完成分型;
- [0009] 步骤2:根据步骤1中砂型和砂芯特点,在砂芯底部添加支撑件;
- [0010] 步骤3:采用覆膜砂打印步骤2中砂型和砂芯,对砂型和砂芯残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化,对处理完整的砂型和砂芯进行清理;
- [0011] 步骤4:针对步骤3中清理完成的砂型和砂芯,采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化,对烘烤后起皮部位再次修型清理;
- [0012] 步骤5:根据步骤3中砂型、砂芯特点和玻璃珠填埋厚度,制作若干烘烤方箱,砂型和砂芯放入方箱内时,砂型和砂芯边沿距烘烤方箱内壁30mm;
- [0013] 步骤6:将步骤5中制作的烘烤方箱5直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将步骤4中制备的砂型和砂芯放置在相对应的烘烤方箱5中心部位,撒上玻璃珠,玻璃珠距砂型和砂芯最上端高度不超过30mm;
- [0014] 步骤7:进行烘烤;
- [0015] 步骤8:砂型和砂芯烘烤完成后将玻璃珠清理干净;
- [0016] 步骤9:将步骤8中砂型和砂芯完成拼接;
- [0017] 步骤10:浇注步骤9中砂型,得到铸件;
- [0018] 步骤11:清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口,打磨铸件表面毛刺;
- [0019] 步骤12:将步骤11中铸件加热后空冷,将油路管内砂芯震碎,再将油路管内剩余砂芯清理。
- [0020] 本发明进一步的改进在于,支撑件为圆柱体支撑件、长方体支撑件和平板支撑件,方便取型和搬运。
- [0021] 本发明进一步的改进在于,步骤3中,同一位置连续烘烤时间不超过5s。
- [0022] 本发明进一步的改进在于,步骤4中,同一位置同时烘烤时间不超过3s。
- [0023] 本发明进一步的改进在于,步骤5中,若砂型为大平面,则玻璃珠填埋厚度高于砂芯的大平面40~50mm,或者玻璃珠将砂芯最高点埋住。
- [0024] 本发明进一步的改进在于,步骤7中,砂型尺寸 $>120 \times 60 \times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:240~270℃保温9~13h,随炉冷却2h,开炉空冷;
- [0025]  $50 \times 30 \times 20\text{mm} \leq$ 砂型尺寸 $\leq 120 \times 60 \times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:220~240℃保温7~9h,随炉冷却2h,开炉空冷;
- [0026] 砂型尺寸 $\leq 50 \times 30 \times 20\text{mm}$ ,烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷;
- [0027] 砂芯的烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。
- [0028] 本发明进一步的改进在于,步骤10中,采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型。
- [0029] 本发明进一步的改进在于,步骤12中,加热的温度为360℃,时间为2h。
- [0030] 本发明进一步的改进在于,步骤12中,采用振动筛将油路管内砂芯震碎。
- [0031] 本发明进一步的改进在于,步骤12中,采用高压水枪将油路管内剩余砂芯清理。
- [0032] 与现有技术相比,本发明具有的有益效果:本发明从砂型和砂芯具体结构出发,设计支撑砂型和砂芯方案,从生产过程中细节控制出发,设计不锈钢方箱+玻璃珠厚度控制保证砂型和砂芯质量的稳定性。本发明解决了砂型和砂芯烘烤质量不稳定的问题,提高了砂

型和砂芯的强度和耐冲击性能,让3D打印真正和传统铸造相结合,砂型和砂芯不再出现充型断裂现象,质量处于稳定状态,保证铸件生产成本大幅度降低。

[0033] 本发明为了促进3D打印砂型与传统铸造成型方式相结合,缩短我国航空航天军工复杂油路和型腔铸件的生产周期,在提高铸件生产质量要求的同时,尽可能节省试制铸件生产成本,提高和稳定3D打印覆膜砂强度和耐冲击性能。

[0034] 具体本发明具有以下优点:

[0035] 1) 砂型凸台较大部位和砂芯采用支撑固定,不仅方便3D打印完成后取型,提高砂型的合格率,而且有利于后续转移搬运,在填埋玻璃珠的过程中增加砂型和砂芯强度,避免破损。

[0036] 2) 砂型和砂芯在进烘箱之前,采用液化气体对表面进行均匀烘烤硬化,可以有效增加砂芯表面强度,避免搬运过程中砂芯断裂破损。

[0037] 3) 设计方箱将每一个砂型作为一个独立的个体进行分离,可有效控制玻璃珠填埋厚度,保证烘烤工艺的稳定性,而且方箱简单制作,可重复多次使用。

[0038] 4) 针对不同大小和形状的砂型,制定不同的烘烤工艺,烘烤后的砂型和砂芯表面色泽一致呈军绿色,砂型表面无密集针孔,砂粒之间连接紧密无缝隙,可以有效提高砂型、砂芯强度和耐冲击性能。

[0039] 5) 制定复杂油路管砂芯去除工艺,保证砂芯被清理干净,而且方法简单、有效。

## 附图说明

[0040] 图1为在砂芯底部添加圆柱体、长方体和平板支撑件后的示意图。

[0041] 图2为方箱立体图。

[0042] 图3为将砂型和砂芯放置在相方箱的中心部位后的示意图。

[0043] 图中,1为长方体支撑件,2为砂芯件,3为圆柱体支撑件,4为平板支撑件,5为烘烤方箱。

## 具体实施方式

[0044] 现结合附图和实施例对本发明作进一步详细描述:

[0045] 以某附件机匣盖产品为基础,首先根据铸件和浇注系统结构完成分型;根据砂型和砂芯特点在易断裂部位添加支撑件;设计烘烤隔热方箱以及控制玻璃珠填充高度的一致性;根据砂型、砂芯的大小和结构,制定不同烘烤工艺;采用反重力低压浇注;射线检测铸件油路管是否通畅;划线检测铸件尺寸。具体包括以下步骤:

[0046] 步骤1:根据铸件特点,设计浇注系统,完成分型;

[0047] 步骤2:根据步骤1中砂型和砂芯特点,在砂芯底部添加圆柱体、长方体和平板支撑件,方便取型和搬运,避免砂芯破碎,结构如图1所示;

[0048] 步骤3:采用覆膜砂打印步骤2中砂型和砂芯,对砂型和砂芯残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化,同一位置连续烘烤时间不超过5s,对处理完整的砂型和砂芯进行清理;

[0049] 步骤4:针对步骤3中清理完成的砂型和砂芯,采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化,同一位置同时烘烤时间不超过3s,对烘烤后起皮部位再次修型清理;

[0050] 步骤5:根据步骤3中型芯特点和玻璃珠填埋厚度,制作分段烘烤方箱,即多个烘烤方箱,保证砂型和砂芯边沿距烘烤方箱内壁30mm,制作完成的分段烘烤方箱如图2和图3所示;

[0051] 步骤6:将步骤5中制作的烘烤方箱5直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将步骤4中制备的砂型和砂芯放置在相对应的烘烤方箱5中心部位,撒上玻璃珠,玻璃珠距砂型和砂芯最上端高度不超过30mm;

[0052] 步骤7:砂型尺寸 $>120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:240~270℃保温9~13h,随炉冷却2h,开炉空冷;

[0053]  $50\times 30\times 20\text{mm}\leq$ 砂型尺寸 $\leq 120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:220~240℃保温7~9h,随炉冷却2h,开炉空冷;

[0054] 砂型尺寸 $\leq 50\times 30\times 20\text{mm}$ ,烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷;

[0055] 步骤8:砂型和砂芯烘烤完成后将玻璃珠清理干净,修型,刷涂料,烘干;

[0056] 步骤9:将步骤8中砂型和砂芯完成拼接;

[0057] 步骤10:采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型;

[0058] 步骤11:清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口,打磨铸件表面毛刺等;

[0059] 步骤12:将步骤11中铸件在电阻炉中加热到360~390℃保温2~3h后空冷,先采用振动筛将油路管内砂芯震碎,最后采用高压水枪将油路管内剩余砂芯清理干净。

[0060] 步骤13:对步骤12中铸件进行X射线检测,采用划线方式进行尺寸检测。

[0061] 下面为具体实施例。

[0062] 实施例1

[0063] 以某航空用长管路机匣体为例,铸件尺寸 $550\times 245\times 250\text{mm}$ ,材质为ZL114A,共有16个油路管,砂芯直径在6~12mm之间,长度均超过15mm,最长砂芯达到27mm,每根砂芯曲折不规则,铸件本身凸台较多,形状各异。其实施的具体步骤如下:

[0064] 步骤1:根据铸件特点,设计浇注系统,完成分型。

[0065] 步骤2:根据步骤1中砂型和砂芯特点,在砂芯底部添加圆柱体支撑件3、长方体支撑件1和平板支撑件4,方便取型和搬运。

[0066] 步骤3:采用覆膜砂打印步骤2中砂型和砂芯,对砂型和砂芯残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化,同一位置连续烘烤时间不超过5s,对处理完整的砂型和砂芯进行清理。

[0067] 步骤4:针对步骤3中清理完成的砂型和砂芯,采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化,同一位置同时烘烤时间不超过3s,对烘烤后起皮部位再次修型清理。

[0068] 步骤5:根据步骤3中型芯特点和玻璃珠填埋厚度,制作分段烘烤方箱,保证砂型和砂芯边沿距方箱壁30mm。

[0069] 步骤6:将步骤5中制作的方箱直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将步骤4中制备的砂型和砂芯放置在相对应的方箱中心部位,撒上玻璃珠,玻璃珠距砂型和砂芯最上端高度不超过30mm。

[0070] 步骤7:砂型(砂型尺寸较多,会采取多种烘烤工艺)尺寸 $>120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:240~270℃保温9~13h,随炉冷却2h,开炉空冷; $50\times 30\times 20\text{mm}\leq$ 砂型尺寸 $\leq 120\times 60$

×40mm,烘烤工艺为:220~240℃保温7~9h,随炉冷却2h,开炉空冷;砂型尺寸≤50×30×20mm和砂芯,烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。

[0071] 砂芯的烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。

[0072] 步骤8:砂型和砂芯烘烤完成后将玻璃珠清理干净,修型,刷涂料,烘干。

[0073] 步骤9:将步骤8中砂型和砂芯完成拼接。

[0074] 步骤10:采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型。

[0075] 步骤11:清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口,打磨铸件表面毛刺等。

[0076] 步骤12:将步骤11中铸件在电阻炉中加热到360℃保温2h空冷,先采用振动筛将油路管内砂芯震碎,最后采用高压水枪将油路管内剩余砂芯清理干净。

[0077] 步骤13:对步骤12中铸件进行X射线检测,采用划线方式进行尺寸检测。

[0078] 按照此方法烘烤的砂型合格率达到95%,大砂型块平面无塌陷,表面平整,色泽一致,无密集针眼,砂粒之间连接紧密无间隙。砂型经反重力低压浇注,X射线检测发现油路管通畅,铸件无夹渣缺陷。经尺寸检验,铸件尺寸精度可以达到HB6103CT6要求,壁厚均匀,即砂芯和砂型在金属液充型过程中没有破裂断裂,砂型和砂芯强度完全可以承受反重力低压40KPa压差的冲击。

[0079] 实施例2

[0080] 以尺寸φ770×φ654×495mm,整体壁厚10mm铸件为例,材质为ZL105,铸件呈盆状,弧度较大,内腔空心。采取上中下分型方式,最终所分上端部砂型厚度达到600mm。其实施的具体步骤如下:

[0081] 步骤1:根据铸件特点,设计浇注系统,完成分型。

[0082] 步骤2:根据步骤1中砂型特点,在砂型多凸台底部添加圆柱体、长方体和平板支撑件,方便取型和搬运。

[0083] 步骤3:采用覆膜砂打印步骤2中砂型,对砂型残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化,同一位置连续烘烤时间不超过5s,对处理完整的砂型进行清理。

[0084] 步骤4:针对步骤3中清理完成的砂型,采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化,同一位置同时烘烤时间不超过3s,对烘烤后起皮部位再次修型清理。

[0085] 步骤5:根据步骤3中砂型特点和玻璃珠填埋厚度,制作分段烘烤方箱,保证砂型边沿距方箱壁30mm。

[0086] 步骤6:将步骤5中制作的方箱直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将步骤4中制备的砂型放置在相对应的方箱中心部位,撒上玻璃珠,玻璃珠距砂型最上端高度不超过30mm。

[0087] 步骤7:砂型尺寸>120×60×40mm,烘烤工艺为:240~270℃保温9~13h,随炉冷却2h,开炉空冷;50×30×20mm≤砂型尺寸≤120×60×40mm,烘烤工艺为:220~240℃保温7~9h,随炉冷却2h,开炉空冷。

[0088] 砂芯的烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。

[0089] 步骤8:砂型烘烤完成后将玻璃珠清理干净,修型,刷涂料,烘干。

[0090] 步骤9:将步骤8中砂型完成拼接。

[0091] 步骤10:采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型。

[0092] 步骤11:清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口,打磨铸件表面毛刺等。

[0093] 步骤12:对步骤12中铸件进行X射线检测,采用划线方式进行尺寸检测。

[0094] 按照此方法烘烤的砂型合格率达到99%，大砂型块平面无塌陷，表面平整，色泽一致，无密集针眼，砂粒之间连接紧密无间隙。砂型经反重力低压浇注，X射线检测铸件无夹渣缺陷。经尺寸检验，铸件尺寸精度可以达到HB6103CT6要求，壁厚均匀，即砂型在金属液充型过程中没有破裂断裂，砂型强度完全可以承受反重力低压40KPa压差的冲击。

[0095] 实施例3

[0096] 以尺寸 $\phi 370\text{mm} \times 270\text{mm} \times 260\text{mm}$ 铸件为例，材质为ZL205A，铸件呈倒“V”字状，铸件90%壁厚为15mm，中间空心，其实施的具体步骤如下：

[0097] 步骤1：根据铸件特点，设计浇注系统，完成分型。

[0098] 步骤2：根据步骤1中砂型特点，在砂型多凸台底部添加圆柱体、长方体和平板支撑件，方便取型和搬运。

[0099] 步骤3：采用覆膜砂打印步骤2中砂型，对砂型残缺部位边撒砂边使用液化气体烘烤硬化，同一位置连续烘烤时间不超过5s，对处理完整的砂型进行清理。

[0100] 步骤4：针对步骤3中清理完成的砂型，采用液化气体对其表面来回烘烤，保证表面硬化，同一位置同时烘烤时间不超过3s，对烘烤后起皮部位再次修型清理。

[0101] 步骤5：根据步骤3中砂型特点和玻璃珠填埋厚度，制作分段烘烤方箱，保证砂型边沿距方箱壁30mm。

[0102] 步骤6：将步骤5中制作的方箱直接放置在烘箱不锈钢平板上，再将步骤4中制备的砂型放置在相对应的方箱中心部位，撒上玻璃珠，玻璃珠距砂型最上端高度不超过30mm。

[0103] 步骤7：砂型尺寸 $> 120 \times 60 \times 40\text{mm}$ ，烘烤工艺为：240~270℃保温9~13h，随炉冷却2h，开炉空冷； $50 \times 30 \times 20\text{mm} \leq$ 砂型尺寸 $\leq 120 \times 60 \times 40\text{mm}$ ，烘烤工艺为：220~240℃保温7~9h，随炉冷却2h，开炉空冷。

[0104] 砂芯的烘烤工艺为：180~220℃保温3h，随炉冷却4h，开炉空冷。

[0105] 步骤8：砂型烘烤完成后将玻璃珠清理干净，修型，刷涂料，烘干。

[0106] 步骤9：将步骤8中砂型完成拼接。

[0107] 步骤10：采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型。

[0108] 步骤11：清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口，打磨铸件表面毛刺等。

[0109] 步骤12：对步骤12中铸件进行X射线检测，采用划线方式进行尺寸检测。

[0110] 按照此方法烘烤的砂型合格率达到99%，大砂型块平面无塌陷，表面平整，色泽一致，无密集针眼，砂粒之间连接紧密无间隙。砂型经反重力低压浇注，X射线检测铸件无夹渣缺陷。经尺寸检验，铸件尺寸精度可以达到HB6103CT6要求，壁厚均匀，即砂型在金属液充型过程中没有破裂断裂，砂型强度完全可以承受反重力低压45KPa压差和150mm/s充型速度的冲击。

[0111] 实施例4

[0112] 以某航空用中介机匣为例，上端尺寸为 $\phi 140\text{mm}$ ，下端为 $\phi 260\text{mm}$ ，高120mm，具有 $\phi 10\text{mm}$ 油路管3根，油路管壁厚2mm。其具体实施方案如下：

[0113] 步骤1：根据铸件特点，设计浇注系统，完成分型。

[0114] 步骤2：根据步骤1中砂型和砂芯特点，在砂芯底部添加圆柱体、长方体和平板支撑件，方便取型和搬运。

[0115] 步骤3：采用覆膜砂打印步骤2中砂型和砂芯，对砂型和砂芯残缺部位边撒砂边使

用液化气体烘烤硬化,同一位置连续烘烤时间不超过5s,对处理完整的砂型和砂芯进行清理。

[0116] 步骤4:针对步骤3中清理完成的砂型和砂芯,采用液化气体对其表面来回烘烤,保证表面硬化,同一位置同时烘烤时间不超过3s,对烘烤后起皮部位再次修型清理。

[0117] 步骤5:根据步骤3中型芯特点和玻璃珠填埋厚度,制作分段烘烤方箱,保证砂型和砂芯边沿距方箱壁30mm。

[0118] 步骤6:将步骤5中制作的方箱直接放置在烘箱不锈钢平板上,再将步骤4中制备的砂型和砂芯放置在相对应的方箱中心部位,撒上玻璃珠,玻璃珠距砂型和砂芯最上端高度不超过30mm。

[0119] 步骤7:针对砂型尺寸 $>120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:240~270℃保温9~13h,随炉冷却2h,开炉空冷;50×30×20mm $\leq$ 砂型尺寸 $\leq 120\times 60\times 40\text{mm}$ ,烘烤工艺为:220~240℃保温7~9h,随炉冷却2h,开炉空冷;砂型尺寸 $\leq 50\times 30\times 20\text{mm}$ 和砂芯,烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。

[0120] 砂芯的烘烤工艺为:180~220℃保温3h,随炉冷却4h,开炉空冷。

[0121] 步骤8:砂型和砂芯烘烤完成后将玻璃珠清理干净,修型,刷涂料,烘干。

[0122] 步骤9:将步骤8中砂型和砂芯完成拼接。

[0123] 步骤10:采用反重力低压方式浇注步骤9中砂型。

[0124] 步骤11:清理步骤10铸件表面砂型切除浇冒口,打磨铸件表面毛刺等。

[0125] 步骤12:将步骤11中铸件在电阻炉中360℃保温2h空冷,先采用振动筛将油路管内砂芯震碎,最后采用高压水枪将油路管内剩余砂芯清理干净。

[0126] 步骤13:对步骤12中铸件进行X射线检测,采用划线方式进行尺寸检测。

[0127] 按照此方法烘烤的砂型合格率达到95%,大砂型块平面无塌陷,表面平整,色泽一致,无密集针眼,砂粒之间连接紧密无间隙。砂型经反重力低压浇注,X射线检测发现油路管通畅,铸件无夹渣缺陷。经尺寸检验,铸件尺寸精度可以达到HB6103CT6要求,特别是2mm壁厚铝合金油路管壁厚均匀,即砂芯和砂型在金属液充型过程中没有破裂断裂,砂芯在烘烤的过程中几乎无变形。

[0128] 本发明具有如下优点:

[0129] 1) 砂型凸台较大部位和砂芯采用支撑件固定,不仅方便3D打印完成后取型,提高砂型的合格率,而且有利于后续转移搬运,在填埋玻璃珠的过程中增加砂型和砂芯强度,避免破损。

[0130] 2) 砂型和砂芯在进烘箱之前,采用液化气体对表面进行均匀烘烤硬化,可以有效增加砂芯表面强度,避免搬运过程中砂芯断裂破损。

[0131] 3) 设计方箱将每一个砂型作为一个独立的个体进行分离,可有效控制玻璃珠填埋厚度,保证烘烤工艺的稳定性,而且方箱简单制作,可重复多次使用。

[0132] 4) 针对不同大小和形状的砂型,制定不同的烘烤工艺,烘烤后的砂型和砂芯表面色泽一致呈军绿色,砂型表面无密集针孔,砂粒之间连接紧密无缝隙,可以有效提高砂型、砂芯强度和耐冲击性能。

[0133] 5) 制定复杂油路管砂芯去除工艺,保证砂芯被清理干净,而且方法简单、有效。

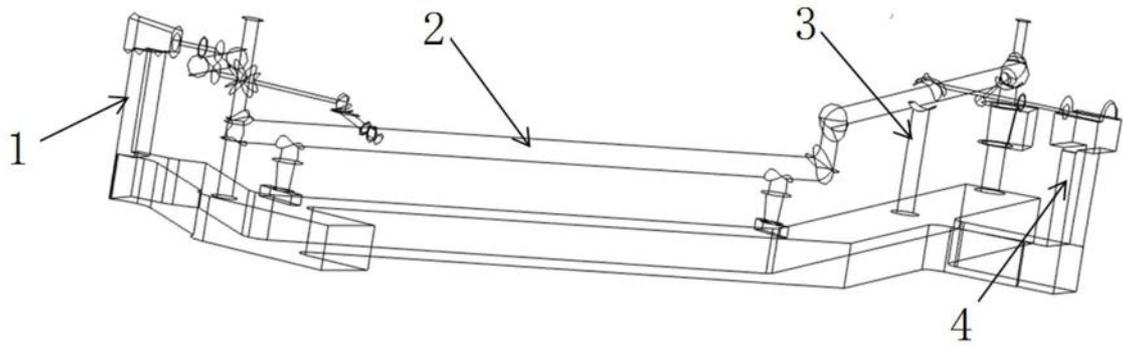


图1

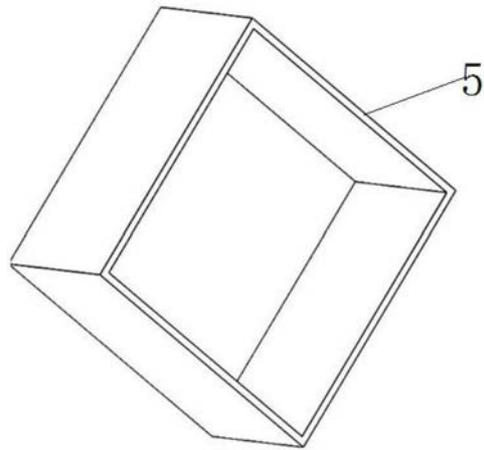


图2

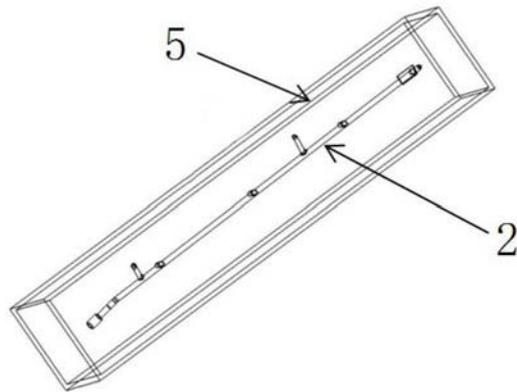


图3