

# 大型薄壁铝合金铸件的铸造工艺

梁继亚<sup>1</sup>, 李 栋<sup>1</sup>, 刘 轶<sup>1</sup>, 贾 斌<sup>2</sup>

(1. 共享智能铸造产业创新中心有限公司, 宁夏银川 750021; 2. 沈阳明腾科技有限公司, 辽宁沈阳 110100)

**摘要:** 阐述了大型薄壁铝合金产品的铸造工艺设计, 介绍了该产品的生产验证过程。结果显示, 使用低压铸造和3D打印技术相结合的生产工艺, 可以在一周内完成该产品的制造, 且产品整体质量良好, 完全符合技术要求。

**关键词:** 雕塑; 铝合金; ZL114A; 3D打印; 铸造工艺

某薄壁铝合金铸件是用于广场、景点以及各种观赏场合的雕塑, 是薄壁铝合金铸件, 其轮廓尺寸为2 000 mm × 1 500 mm × 500 mm, 整体壁厚为8 mm均壁, 材料为ZL114A, 力学性能要求如下: 抗拉强度 $\geq 270$  MPa, 伸长率 $\geq 3\%$ , 铸件表面需要处理至镜面效果, 要求产品表面无任何铸造缺陷。如图1所示, 该铸件轮廓尺寸大, 整体呈阶梯状, 为均匀壁厚, 浇注过程中因为流程太长, 使铝合金液温度下降, 流动性降低, 极易出现浇不足的现象, 且在流动的铝液前端还容易产生氧化物并卷入气体。

## 1 工艺设计

由于铸件整体尺寸大, 壁厚小且均匀, 为减少铸件缺陷, 浇注方式采用低压砂型铸造。浇注工艺参数如表1所示。

### 1.1 铸造工艺设计

浇注系统的位置及比例决定了金属液在型腔中流动的方向和形态, 考虑到该铸件整体尺寸偏大、壁厚均匀且薄, 产生缩松以及缩孔的可能性较小, 所以在工艺设计时, 主要考虑充型过程平稳、多点进流, 避免因充型不平稳而形成气孔、渣孔缺陷, 以及因铝液降温过快而发生浇不足现象。

#### 1.1.1 浇注系统设计

该产品整体平放造型, “TIME”标识正方向向下, 浇注系统设计在产品的正下方, 如图2所示。在产品的每个低点以及大平面设计内浇道, 使充型过程为多点平稳进流, 内浇口整体形状呈由大到小的变径圆柱, 大端直径约为40 mm, 小端直径约为20 mm; 横浇道沿内浇道的位置随行布置, 整体设计为长方体, 多段搭接, 防止在凝固过程中因横浇道收缩而产生拉力使产品变形; 最后在产品中心位置设计升液管, 其浇注系统比例按照 $\Sigma F_{直} : \Sigma F_{横} : \Sigma F_{内} = 1 : 5 : 8$ 设计。

#### 1.1.2 出气及防变形设计

由于产品呈阶梯状, 且平放造型, 在顶部孤岛处以及大平面易出现憋气, 所以在产品的顶部设计排气针, 且均匀分布在产品顶部以及孤岛处, 如图2所示。

产品下部(领结处)结构呈悬空状, 在打箱及后处理时极易变形, 因此需要在如图3所示的位置设计拉筋, 防止其变形, 拉筋在产品完成全序处理后去除。

### 1.2 成形工艺设计

由于产品属于单件产品, 开模具费用高昂, 不利于产品的开发, 所以选择3D打印的方式生产砂型。笔者公司的3D打印机参数如表2所示。

作者简介:

梁继亚(1993-), 男, 助理工程师, 从事铸造工艺设计及质量管理等工作。电话: 19995362423, E-mail: 503301970@qq.com

中图分类号: TG245

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2020)01-0066-03

收稿日期:

2019-07-23 收到初稿,  
2019-09-19 收到修订稿。



图1 铸件结构  
Fig. 1 Casting structure

表1 浇注工艺参数  
Table 1 Pouring process parameters

升液速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	充型速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ )	升液压力/kPa	充型压力/kPa	保压时间/s	保压压力/kPa	浇注温度/ $^{\circ}\text{C}$
60	70	25	40	400	50	715

### 1.2.1 砂型设计

由于3D打印无需考虑起模以及扯料的问题,故产品整体分为三层。第一分型面选择在产品下平面,将产品整体分为上下两模;第二分型面选择在横浇道顶部,打开浇注系统,形成浇道芯。由于笔者公司的3D打印机工作箱尺寸为:2 200 mm×1 500 mm×700 mm,产品尺寸宽度方向为1 500 mm,在保证吃砂量的情况下,砂型宽度方向超过1 500 mm,因此需要将砂型宽度方向分为三块,以保证完整地打印成形。

在分型完成后,首先检查砂型是否存在尖角结构或者下芯干涉结构,检查后对其进行处理;其次对砂型结构进行优化,在保证最小吃砂量的情况下对砂型进一步削减,合理的减重和随形设计,降低砂铝比;然后在每个砂型的两端沿重心方向设计吊柄,用于砂型的转运以及组芯;最后对所有砂型编号,用于后续生产中的管理。整体砂型如图4所示。

### 1.2.2 造型方案

由于产品尺寸较大,浇注过程中产生的浮力很大,简单的螺杆装卡无法保证铸型刚度,因此造型方案选择组芯埋箱的方式,整体砂箱尺寸设计为:3 000 mm×2 000 mm×1 000 mm。

## 2 熔炼工艺

熔炼选择传统铝合金熔炼工艺,分为三个主要步骤:首先将含量为0.20%~0.35%的六氯乙烷压入铝液进行精炼,以除去铝液中的氧化夹杂及气体;然后采用含量为0.2%~0.6%的铝锶合金AlSr10进行变质处理;最后采用自制氢气圈(钻满小孔的空心煨弯铁管),将氩气输送到铝液底部进行二次精炼。化学成分要求如表3所示。

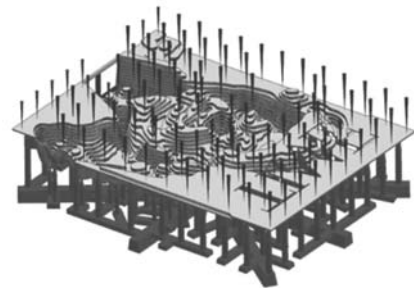


图2 浇注系统  
Fig. 2 Gating system

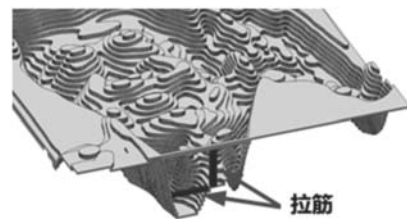


图3 拉筋放置位置  
Fig. 3 Position of reinforcement ribs

表2 3D打印技术参数  
Table 2 Technical parameters for 3D printing

硅砂型号 /目	打印层厚 /mm	最大轮廓尺寸 /mm	打印效率 /( $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ )	铸型抗压 强度/MPa
100/140	0.2~0.5	2 200×1 500×700	400	≥6

## 3 生产验证

3D打印砂型原砂采用100~200目硅砂,树脂选择呋喃树脂。

### 3.1 组芯、造型、浇注

由于此产品3D打印砂型整体尺寸较大,单个砂型

重2 000 kg, 喷涂时不易转运、翻转。故而选择刷涂方式, 涂料使用醇基涂料, 涂料的波美度为20。

喷涂完成后, 将3D打印砂型整体组装。首先准备放有升液管的底箱, 且底箱砂面需保证完全平整, 以避免组芯时尺寸偏差大, 然后依次将3D打印砂型按照砂型编号组装。最后将中圈以及上箱放至芯包上部, 流树脂砂, 待树脂砂硬化后, 转运至低压浇注平台进行浇注。

### 3.2 清理及表面处理

浇注完成后, 压箱12 h后打箱, 由于产品为薄壁件, 采用机械振动的方式打箱时产品容易变形和破损, 故采用人工打箱的方式将型砂全部清理。打箱完成后, 按照正常铸件清理工序进行清理, 然后经喷砂处理后用物理抛光的方式将产品表面处理至镜面效果, 如图5所示。

## 4 生产验证结果

按照此工艺方案生产了2件雕塑产品, 整个铸造生产过程稳定, 铸件尺寸、表面质量、后处理等按照相关规范检验均合格, 力学性能检测结果符合技术要求。

## 5 结束语

基于低压铸造以及3D打印技术, 设计了一套适用于大型薄壁铝合金产品的低压铸造工艺。此工艺适用于尺寸较大的均匀壁厚的铝合金铸件, 薄壁可达8 mm。此工艺可通过3D打印技术特性(无需开模具)进行快速试制, 降低产品研发的成本, 加快产品的研发进度。

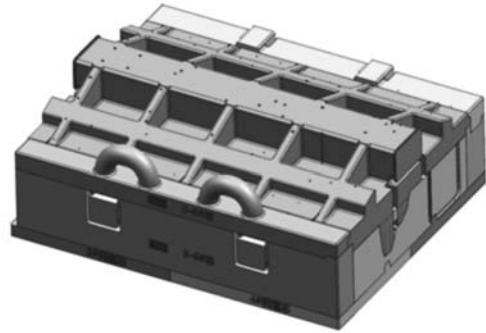


图4 芯包示意图

Fig. 4 Schematic diagram of core package

表3 ZL114A合金成分要求  
Table 3 Chemical composition requirements  
of ZL114A alloy

Table 3 Chemical composition requirements of ZL114A alloy					$w_B / \%$
Si	Mg	Fe	Ti	Cu	
6.8 ~ 7.1	0.55 ~ 0.65	≤0.05	0.15 ~ 0.20	≤0.06	



图5 铸件毛坯和产品图

Fig. 5 Casting blank and finished sculpture

## Casting Process of Large Thin-Walled Aluminum Casting

LIANG Ji-ya<sup>1</sup>, LI Dong<sup>1</sup>, LIU Yi<sup>1</sup>, JIA Bin<sup>2</sup>

(1. National Intelligent Foundry Innovation Center, Yinchuan750021, Ningxia, China; 2. Shenyang Ming Teng Technology Co., Ltd., Shenyang 110100, Liaoning, China)

### Abstract:

The casting process of a large thin-walled aluminum alloy product was designed, and the production verification process of the casting was introduced. The results show that the manufacture of this sculpture casting can be completed within one week by using the combination of low pressure casting and 3D printing technique, and the whole quality of the produced castings can meet the technical specification requirements.

### Key words:

sculpture; aluminum alloy; ZL114A; 3D printing; casting process