

ZL205A 薄壁异型铸件金属型铸造工艺研究

迟秀梅 何 凯 肖 旅

(上海航天精密机械研究所, 上海 201600)



摘要: 以 ZL205A 薄壁异型铸件为研究对象, 结合铸件结构特点和工艺控制要点, 制定了切实可行的铸造工艺方案, 浇注了薄壁异型铝合金铸件。结果表明: 合理的浇注系统和退让性好的芯砂, 可有效防止裂纹缺陷; 选择、设计合理的冷铁放置位置和厚度可降低疏松缺陷等级, 防止缩裂缺陷的产生; 陶瓷过滤网可有效地防止气孔和氧化夹杂缺陷。

关键词: ZL205A; 铸造; 冷铁; 薄壁异型铸件

Study on Metal Mould Casting Process of ZL205A Thin-walled Castings

Chi Xiumei He Kai Xiao Lv

(Shanghai Spaceflight Precision Machinery Institute, Shanghai 201600)

Abstract: With ZL205A thin-walled casting as the research project, combining with the characteristics of the casting structure and process control points, a practical scheme of casting process was formulated. The thin-walled abnormality aluminum alloy casting was poured. The results show that reasonable pouring system and the core sand with good deformability can prevent the crack defects effectively. Choosing reasonable position and thickness of cold iron can reduce loose defect levels and prevent shrinkage crack. Finally, ceramic filter can effectively prevent the pores and oxide inclusion defects.

Key words: ZL205A; casting; cold iron; thin-walled abnormality casting

1 引言

ZL205A 属铝-铜-锰系高强度铸造铝合金, 是目前铸造铝合金中抗拉强度最高的合金之一, 同时延展性好, 具有良好的综合力学性能, 可用于制造承受大载荷的零件, 已广泛应用在航天、航空、核工业等重要领域^[1~4]。

ZL205A 属于固溶体合金, 合金元素众多, 合金凝固时, 凝固温度区间较宽, 凝固过冷度小, 致使其铸造性能差, 易发展成粗大的树枝晶或等轴晶, 铸件容易产生偏析、缩松和裂纹等缺陷; 金属液充型时易产生气孔、夹杂等缺陷^[5, 6]。ZL205A 铸件成形质量控制是该合金获得进一步推广的关键因素之一。

因此, 采用 ZL205A 合金浇注某薄壁异型铸件, 分析其铸造成形工艺及缺陷原因, 控制成形质量。

2 铸件特点及原工艺分析

2.1 铸件特点



图 1 铸件实物图

如图 1 所示, 该薄壁异形铸件由圆柱体、锥体及两根对称天线座相贯而成, 主体壁厚为 6.4mm, 外型精度要求高, 属异型薄壁舱体类零件, 由于使用的特

殊性,对材料性能和内在质量都有较高的要求。铸件材料为 ZL205A, T5 处理, I 类铸件, 全部 X 光检查。

2.2 原工艺设计

造型方法采用金属型铸造, 重力浇注。金属型铸造工艺优点: a. 模具可多次重复使用, 铸件质量稳定, 尺寸精度高, 表面粗糙度比砂型好; b. 金属型冷却速度快, 铸件组织致密, 力学性能比砂型高 15% 左右。缺点: a. 金属型退让性差, 铸件凝固时容易产生裂纹, 尤其是热裂倾向大的合金; b. 金属型散热较快, 导热系数较大, 合金液冷却速度快, 流动性降低, 降低了填充铸型的能力, 浇注温度相对较高。为了防止产生裂纹缺陷, 型芯采用砂芯。

2.2.1 型砂选用

树脂砂具有生产效率高, 型芯强度高, 便于操作, 能获得较高尺寸精度及较低表面粗糙度的铸件等优点, 芯砂选用树脂自硬砂。

2.2.2 浇注系统

直浇道采用蛇形浇道, 合金液流动平稳, 冲击力小, 可减少氧化夹杂和气孔缺陷的产生。

如图 2、图 3 所示, 浇注系统采用带立筒的缝隙式, 既有利于铸件自下而上地顺序凝固, 又能使合金液自下而上地平稳充填铸型, 但缝隙厚度和立筒设计不良时, 容易在缝隙或对面引起缩松和裂纹。

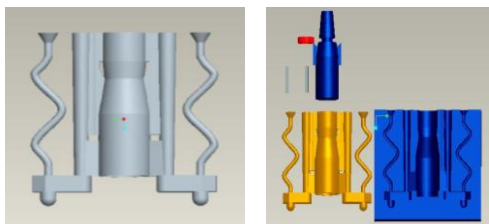


图 2 铸造工艺图 图 3 铸造工艺三维图

缝隙厚度计算方法^[7~9]: 设缝隙浇口处铸件厚度为 δ , 缝隙厚度为 a , 则 $\delta \geq 10\text{mm}$ 时, 取 $a = (0.8 \sim 1) \delta$; $\delta \leq 10\text{mm}$ 时, 取 $a = (1 \sim 1.5) \delta$ 。

根据上式和浇口前铸件厚度, 缝隙厚度见图 4。

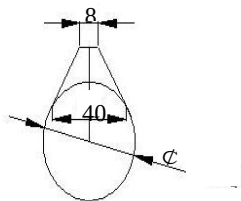


图 4 缝隙宽度示意图

2.2.3 冒口

ZL205A 属于固溶体合金, 合金凝固时, 凝固温度区间较宽, 冒口宜宽大肥厚; 金属型铸造, 为了使冒口起到良好的补缩作用, 往往把冒口设计得很大。为了提高金属成品率, 减少金属熔液消耗, 同时也使冒口起到更好的补缩作用, 采用明冒, 将中间泥芯伸入冒口, 即设计成环形冒口, 减少金属熔液的重量。

2.2.4 过滤方式

合理设置过滤系统可有效防止夹杂、气孔等铸造缺陷, 为此采用陶瓷过滤网与铁皮过滤网双层过滤系统, 铁皮过滤网放在缝隙浇口前, 陶瓷过滤网放在立筒与横浇道之间。

2.2.5 冷铁

泥芯及冷铁的位置如图 5 所示, 在铸件的缝隙浇道对面放置冷铁, 减少合金液充型时缝隙对面金属的过热倾向, 降低疏松倾向; 在舱体上部壁厚较厚部位放置冷铁, 减小热节, 防止产生缩孔, 降低疏松倾向。



图 5 泥芯及冷铁位置

2.2.6 模具涂料

选择具有如下特性的保温涂料: a. 附着性强; b. 绝热性可靠, 能防止合金迅速冷凝; c. 控制合金流向, 保持其高度可塑性。通过控制涂层厚度可实现铸件顺序凝固和提高浇冒口补缩效果的目的。

在 $150 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 的模面温度下, 喷涂稀释的保温涂料, 厚度为 $0.3 \sim 0.5\text{mm}$, 浇冒口处最厚, 远离浇口处最薄, 由薄至厚逐渐过渡, 每层需喷得薄而均匀。

2.2.7 浇注温度

对于固溶体型合金铸件, 通常情况, 在保证充型的条件下, 浇注温度应尽量低, 这样有利于防止产生疏松缺陷; 由于铸件壁薄, 又采用双层过滤系统, 阻碍合金液流动, 高温浇注可增加冒口补缩效果和浮渣效果, 因此浇注温度不能太低。浇注温度选为: $720 \sim 730^{\circ}\text{C}$ 。

2.3 存在问题

方案在实施过程中出现的质量问题主要是裂纹、

疏松缺陷, 尤以裂纹缺陷更为严重。

疏松缺陷出现的部位在缝隙浇道对面冷铁与砂芯过渡处; 裂纹出现的位置: a. 内腔天线槽与锥面连接处; b. 天线柱与锥面连接的薄筋边缘; c. 缝隙浇口前, 铸件浇注位置下部; d. 缝隙浇口前, 圆柱部位中段出现严重裂纹。位置示意图见图 6。

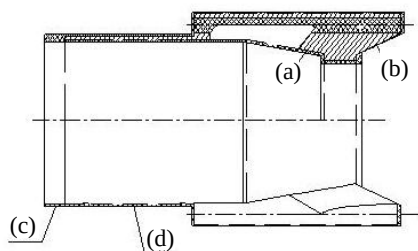


图 6 裂纹位置示意图

2.4 原因分析

2.4.1 裂纹

内腔天线槽与锥面连接处壁厚较薄, 泥芯采用树脂砂。树脂砂在 500°C 左右的残留强度几乎为零, 但由于树脂砂导热性差, 实际浇注后, 只有紧靠金属液的很薄砂层能达到 500°C 以上, 而离铸件表面较远的砂层, 受到的热作用较小, 残留强度仍然很高。对于薄壁铸件, 由于冷却凝固快, 在很短的时间已形成热强度很低的薄凝固层, 当它继续冷却收缩时遇到树脂砂芯膨胀的阻碍, 将产生较大的应力, 从而产生较高的热裂倾向。ZL205A 合金热裂倾向较大, 而金属型铸造, 当泥芯采用树脂砂, 铸型和砂芯退让性差, 厚薄交接处因收缩不均匀而产生裂纹。

铸件在浇注过程中因收缩产生的应力造成薄壁处裂纹。天线柱与锥面连接的薄筋厚度 4mm, 天线柱 $\Phi 17.4\text{mm}$, 相连接的锥面厚 7~12mm, 壁厚相差悬殊, 合金凝固收缩产生应力使薄筋处出现裂纹。

2.4.2 疏松缺陷

对浇注后的铸件进行 X 光分析, 铸件缝隙浇道前冷铁两侧与砂芯过渡区经常出现疏松缺陷。当液体由立筒缝隙浇道流出后, 便向缝隙两边流动。由于立筒对面的砂芯中有冷铁存在, 此处合金释放的结晶潜热便很快被吸收。过渡区离浇道很近, 很容易形成区域热结, 形成 4 级甚至 5 级疏松。甚至有时由于冷铁厚度设计不当, 冷铁部位合金先凝固, 导致液体回流, 形成拉应力, 甚至造成缩裂现象的发生。

3 新工艺设计

3.1 裂纹

3.1.1 内腔天线槽与锥面连接处裂纹

泥芯采用粘土砂, 为防止铸件浇注时产生气孔、夹砂以及砂眼等缺陷, 采用 200°C 以上烘干泥芯; 取消冒口下一圈冷铁, 只在裂纹处上方放置专用冷铁。

3.1.2 天线柱与锥面连接的薄筋边缘产生裂纹

修改模具, 将天线柱与锥面连接的薄筋加厚、加高并与冒口连通。

3.1.3 缝隙浇口前, 铸件浇注位置下部裂纹

将下部缝隙浇口修薄, 减轻浇注过程合金液对铸件下端的热冲击。

3.1.4 缝隙浇口前, 圆柱部位中段出现严重裂纹

重新设计浇口前冷铁, 厚度减薄, 设计过渡区 (如图 7 所示)。



图 7 浇口前冷铁示意图

3.2 疏松缺陷

冷铁与型砂过渡区刷激冷涂料或采用激冷砂; 取消缝隙浇道前铁皮过滤网, 增强立筒的补缩效果。

4 试验结果

经过多次试验, 采取上述各项措施后, 基本消除了裂纹缺陷, 减少了浇口前疏松缺, 铸件 X 光检查合格率由最初的 33% 提高至 70%。

5 结束语

对于 ZL205A 薄壁异型铸件金属型铸造, 通过采取下列措施, 提高了铸件内部质量, I 类铸件 X 光合格率有较大提高:

- 设计合理的浇注系统, 选择退让性好的芯砂, 可有效防止裂纹缺陷;
- 选择、设计合理的冷铁厚度及放置位置, 减少了疏松缺陷, 防止缩裂缺陷的产生;
- 采用陶瓷过滤网可有效地防止气孔和氧化夹杂缺陷。

(下转第 28 页)