

高强度铝合金 ZL205A 支座铸造技术

崔恩强 王宝兵 肖 旅

(上海航天精密机械研究所, 上海 201600)



摘要: 对高强度铝合金 ZL205A 的熔炼工艺、热处理工艺进行了研究, 并根据支座的结构特点和质量要求, 制定了切实可行的铸造工艺方案, 浇注了支座铸件。结果表明, ZL205A 高强度铝合金铸件性能和质量满足设计指标要求, 且可靠性与锻件基本相同, 从而可代替锻件应用于支座, 降低结构件制造成本, 缩短制造周期。

关键词: ZL205A 铝合金; 铸造; 合金熔炼

Bearing Casting Technology of High-strength Aluminum Alloy ZL205A

Cui Enqiang Wang Baobing Xiao Lv

(Shanghai Spaceflight Precision Machinery Institute, Shanghai 201600)

Abstract: Smelting process and heat treatment of high-strength aluminum alloy ZL205A were investigated. According to the characteristics and quality of the support structure requirements, the practical casting process was developed and a bearing casting was poured. The results show that the performance and quality of the high-strength aluminum alloy ZL205A castings meet to the design requirements and it has basically the same reliability with forgings used in bearings, which can be a substitute to reduce the manufacturing cost of the structural parts and shorten the manufacturing cycle.

Key words: aluminum alloy ZL205A; casting; smelting

1 引言

支座(图 1)工作状态下强度要求较高, 选用

ZL205A 铸造铝合金铸造, 采用固溶处理加不完全人工时效热处理工艺, 验收标准为 I 类铸件, 需 100% X 光射线探伤。

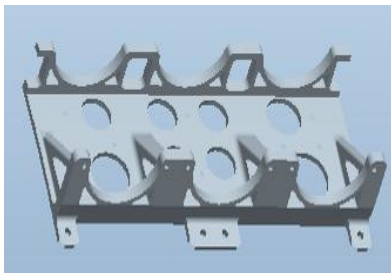
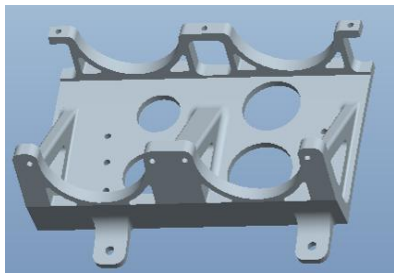


图 1 支座简图

ZL205A 合金属于固溶体型合金, 当合金凝固时, 凝固温度区间较宽(超过了 100°C), 凝固时过冷度小,

容易发展成粗大的树枝晶或等轴晶组织, 加大铸件的热裂倾向和显微疏松倾向。此外铜原子比重较大, 溶

作者简介: 崔恩强(1982-), 工程师, 铸造专业; 研究方向: 有色合金材料及铸造工艺技术。

收稿日期: 2012-07-19

质原子在熔融状态扩散能力较差，在铸造过程中易产生宏观偏析，产生成分严重不均匀，导致铸件性能不稳定。ZL205A 合金对杂质元素的控制非常严格，远高于常用的 ZL101、ZL104 合金。比如 Fe 元素，标准中规定 ZL205A 合金中 Fe 的含量小于 0.15%，而 ZL101、ZL104 合金规定小于 0.3%。

2 工艺难点

2.1 合金熔炼

合金中合金元素种类多，各种合金元素含量要求严格，在熔炼过程中难以控制。合金中杂质元素控制要求严格，稍不注意杂质元素就可能超标，导致性能下降。ZL205A 合金中合金元素种类多，在熔炼过程中易出现合金元素偏析现象。

2.2 铸造工艺

支座的结构采用了 T 型和 U 型等截面形状的框环，且筋板上有多处尺寸较小的三角减轻孔，以铸造方法保证这些结构铸造成形有很大困难，同时 ZL205A 为铝铜系列合金，流动性能差，热裂倾向大，在铸造的过程中极易产生热裂、疏松、夹杂等铸造缺陷，更增大了支座铸造工艺的难度。

2.3 合金热处理

按照 GB/T1173—95 性能指标，抗拉强度≥440MPa，延伸率≥7%，布氏硬度≥100，热处理时的各项工艺参数须控制严格。

3 ZL205A 合金熔炼

3.1 合金熔炼

经过多次熔炼发现，按照同样的熔炼工艺得到的合金成分略有偏差，但都在标准规定的范围以内，因此可以确定上述熔炼工艺可以有效地指导实际生产。

4 铸造工艺

结合生产实际情况，研究分析铸件可能产生缺陷

Fe 作为合金中的最为有害的元素在熔炼过程中应当极力控制，为了减少熔炼过程中的增铁现象，对熔炼工具和坩埚（铁质）进行两次表面防护，第一层刷 HGS-1 涂料，第二层刷 T-1 涂料。

为保证合金中各项元素均匀，避免熔炼过程中合金元素出现偏析现象，影响铸件性能，合金的除气和精炼采用精炼除气机同步完成，并能有效减少合金液中的氧化夹杂。

铸造后合金的显微组织如图 2 所示。

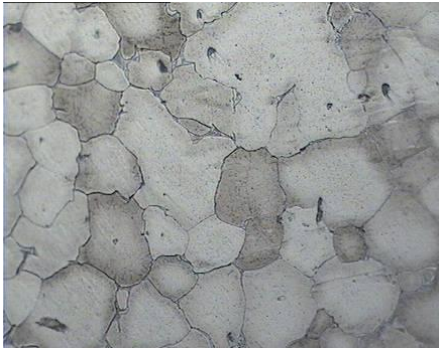


图 2 ZL205A 铸态显微组织 ×200

ZL205A 合金铸态组织基体为 α-Al，晶界间存在不连续的黑色及不连续的发亮物质为 θ 相和 T 相的共晶体。共晶相的存在，割裂了基体，因此必须通过热处理提高力学性能。

3.2 化学成分对比分析

表 1 为经过多次熔炼试验后测得的化学成分与标准规定的化学成分对比，通过成分对比可以看出合金的化学成分在标准规定的范围以内，满足 GB/T1173—95 标准要求。

表 1 实测化学成分与 GB/T1173—95 标准对比

成分	Cu	Mn	Ti	Zr	Cd	B	V	Fe	Si
实测含量/%	5.3	0.43	0.20	0.20	0.22	0.01	0.08	0.09	0.04
标准含量/%	4.6~5.3	0.3~0.5	0.15~0.35	0.05~0.20	0.15~0.25	0.005~0.06	0.05~0.30	≤0.15	≤0.06

的相关因素，对各关键性因素逐一提出解决方案。对 ZL205A 合金流动性、缩松倾向、线收缩率、热烈倾向等进行研究，并确定了铸造工艺及铸造工艺参数。

4.1 型砂和芯砂的配制

为降低铸件缺陷产生几率，型芯砂须具备合适的强度、湿度、透气性等。型砂及芯砂必须满足表 2 性能要求。

表 2 型芯砂性能

物理性能	湿抗压强度/MPa	湿透气性	湿度/%	干抗压强度/MPa
性能值	≥0.03	≥45	5~7	≥0.4

4.2 砂型、砂芯的制作

砂型、砂芯用砂有树脂砂和粘土砂两种，树脂砂修型困难，且难以起模。砂型用粘土砂制作，且浇注前将型腔表面烘干，防止浇注时型砂中水份进入合金液形成针孔、气孔等缺陷。

砂芯的制作，采用粘土砂，便于 T 型和 U 型等截面形状及筋板上三角减轻孔部位起模，降低合金收缩时热裂倾向，砂芯烘干，保证砂芯具备足够的强度。关键受力部位及厚大热节部位，采用专用冷铁激冷，实现顺序凝固，防止这些部位出现缩松缺陷，保证内部质量。

4.3 铸造工艺

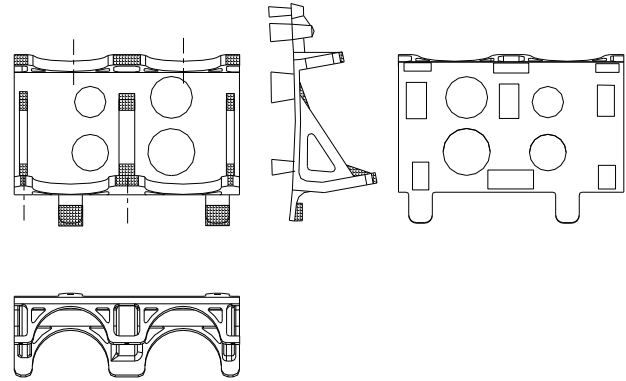


图 3 头锥支座铸造工艺简图

支座的结构采用了 T 型和 U 型等截面形状的框环，且筋板上有多处尺寸较小的三角减轻孔。同时 ZL205A 流动性较差，采用缝隙式浇道两面浇注，保证浇注过程充型平稳，具备良好的浮渣和补缩效果，减少氧化夹杂，金属液分流，避免产生热节后出现缺陷，铸造工艺简图如图 3、图 4 所示。

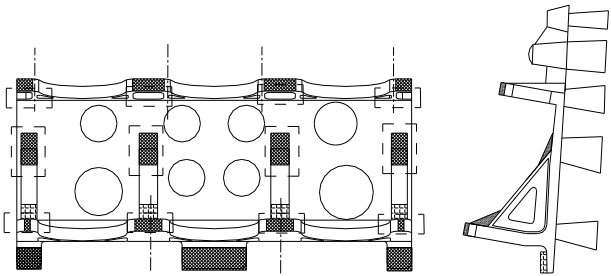


图 4 后过渡段支座铸造工艺简图

4.4 工艺参数及冒口设计

为保证支座铸件各非加工面及加工面尺寸，从铸件结构和合金特性方面分析，确定了收缩率、拔模斜度及加工余量等工艺参数，并制作了模具工装，如图 5。根据铸件结构及要求，确定了冒口的位置、数量和大小，对铸件关键受力部位及厚大热节处进行补缩，并配合砂芯中的冷铁激冷，保证内部质量。



图 5 支座模具工装

4.5 浇注

根据铸件结构特点和合金铸造性能，选择合理的浇注温度及速度，确保合金充型顺利，从而减少卷气、

夹杂等铸造缺陷。利用上述工艺浇注了支座毛坯铸件，如图 6。



图 6 支座毛坯铸件

5 ZL205A 合金热处理

5.1 固溶处理

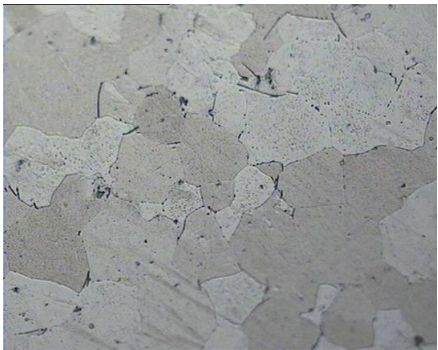


图 7 ZL205A 固溶态微观组织×200

固溶处理时，升温 5h 到 540℃，保温 14h，然后

迅速转移至水槽中淬火。经固溶处理后的组织，通过观察可以看出， θ 相和 Cd 相溶入 α 固溶体中，二次 T 相呈弥散小质点析出，在晶粒的边界上存在着少量没有溶解的第二相，如图 7。

5.2 时效处理

固溶处理后，在 24h 内进行时效，加温 2h 到 150℃，保温 9h，然后出炉空冷。

时效处理后力学性能较铸造状态有较大提高，拉伸试样的平均力学性能为 460MPa，高于国标规定的 440MPa，平均延伸率为 10%，高于国标规定的 7%。通过与 GB/T1173—95 标准对比，合金的力学性能超过国标规定的要求，与 2A14 性能相近，见表 3。

表 3 铸件力学性能与 GB/T1173—95 标准及 2A14 对比

ZL205A	处理状态	试样编号	抗拉强度/MPa	延伸率/%	布氏硬度
实测值	T5	1	470	12	110
	T5	2	470	11	110
	T5	3	445	7	110
标准值 GB/T1173—95	T5		440	7	100
2A14	T6		440	10	—

6 结束语

- a. 铸件的化学成分、力学性能达到 GB/T1173—95 要求，说明合金熔炼工艺及热处理工艺合理，能够满足使用要求。
- b. 铸件内部质量满足设计要求，经 100% X 射线探伤无超标缺陷，符合图纸及 I 类铸件标准要求，说

- 明该铸造工艺切实可行。
- c. 通过静力试验验证，发现支座铸件的可靠性与锻件基本相同，支座结构设计、铸造和加工均满足预定指标，表明 ZL205A 高强度铝合金铸件可代替锻件应用于支座制造，降低结构件制造成本，缩短制造周期。