

ZL205A 铝合金基座低压铸造工艺改进

张春成
(海装西安局)

摘 要 针对 ZL205A 铝合金基座铸件出现的缩松、缩孔及气孔等缺陷,分析了原低压铸造工艺,检测了压铸件的品质与力学性能,分析了缺陷产生原因。通过开设排气排渣通道、提高浇注温度、降低浇注速度、增加顶部安装边、使用冷铁和石墨及铬铁矿砂对铸件进行整体激冷等工艺措施,解决了基座铸件内部的缺陷,生产出了合格的 ZL205A 中大型基座铸件。

关键词 ZL205A;低压铸造;铸造缺陷;工艺改进

中图分类号 TG249.2; TG146.21

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.02.027

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Improvement of Casting Process for A ZL205A Aluminum Alloy Base

Zhang Chun Cheng

(Xian Bureau of Naval Equipment Department)

Abstract: Aiming at the loose defects, shrinkage defects and pore defects in the ZL205A medium and large base castings, the initial casting process was analyzed, and the internal quality and mechanical properties of the product were tested. In addition, the reasons for the defects were analyzed. Some key technological measures were put forward, such as opening a channel for discharging slag, increasing pouring temperature, reducing pouring speed, increasing top mounting edge, and using chilling iron, graphite and chromite sand to quench the casting as a whole, those defects were eliminated, and the qualified ZL205A medium and large base casting was produced successfully.

Key Words: ZL205A, Low Pressure Casting, Casting Defects, Process Improvement

ZL205A 铝合金经 T5 热处理后,具有较好的综合力学性能和切削加工性能,常应用于航空航天和兵器等领域^[1]。由于添加 Cu、Mn、Ti、Zr、Cd 等元素,其铸造性能较差,流动性仅为 ZL104 铝合金的 68%,且结晶温度区间较宽,约为 90 ℃,倾向于糊状凝固,有严重的产生缩孔、缩松缺陷倾向;体收缩比 Al-Si 系合金大,线收缩是 ZL104 铝合金的 1.2 倍以上^[2]。ZL205A 铝合金大型基座,其外形尺寸大,铸件热节多且分散,铸件局部温差较大,偏析、缩孔、缩松等缺陷突出。由于含有 Cu、Mn、Ti、Zr、Cd 等元素,在合金熔炼、铸件凝固过程中容易出现成分偏析,同时在铸造过程中也容易产生缩孔、缩松、热裂纹及气孔等缺陷。设计工艺时须对铸件进行激冷和补缩,形成顺序凝固,以保证获得组织致密的优质铸件,充分发挥 ZL205A 铝合金的高强度特性^[3]。

1 铸件工艺设计

1.1 基座铸件结构特点及要求

图 1 为 ZL205A 铝合金基座铸件示意图,需满足

GB/T 1173-1995 II 类铸件要求;抗拉强度 ≥ 440 MPa、伸长率 $\geq 7\%$;要求铸件整体进行 X 射线探伤检测,在 0.04 MPa 气压下,保压 30 min 不泄漏。

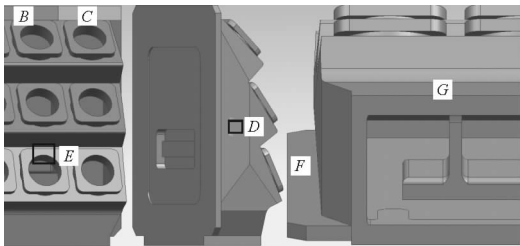


图 1 基座铸件三维图
Fig.1 Schematic diagram of the base

铸件轮廓尺寸为 918 mm $\times$ 750 mm $\times$ 305.6 mm,结构复杂且铸件多个形状只能通过下芯铸出;壁厚差异较大,最薄处为 16 mm、最厚处达到了 42 mm,铸件热节分散且相互干涉,因此难以实现顺序凝固。

1.2 基座铸造工艺方案设计及参数选择

基座铸件结构较复杂,铸件热节多且分散,采用重

收稿日期:2020-09-12;修改稿收到日期:2020-10-28
作者简介:张春成,男,1982 年出生,工程师,成都(610000),E-mail:zcc02111336@qq.com
引用格式:张春成. ZL205A 铝合金基座低压铸造工艺改进[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(2):258-261.
ZHANG C C. Improvement of casting process for a ZL205A aluminum alloy base[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(2): 258-261.

力浇注很难保证热节处不产生缩孔、缩松。采用低压铸造,其基本原理见图 2。在装有金属液的坩埚中,通入干燥的惰性气体,使金属液沿着升液管自下而上通过浇道进入型腔,待金属液充满型腔后,增大气压,使液面上的气压保持至铸件完全凝固,然后卸压,开型后获得铸件^[4]。

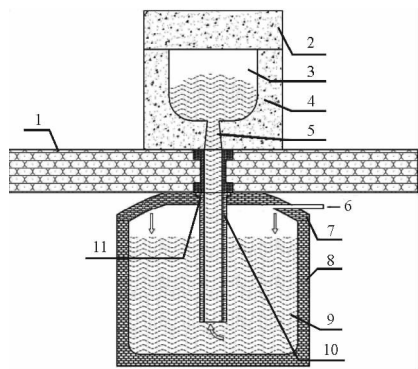


图 2 低压铸造基本原理图

Fig.2 The principle diagram of low pressure casting

1.浇注平台 2.型砂顶盖箱 3.型腔 4.铸型 5.浇道 6.气体入口
7.炉盖 8.炉子 9.金属液 10.升液管 11.保温套

基座铸造工艺方案见图 3。安装大面垂直放置,在铸件安装大面和 9 处法兰盘部位共开设 8 个缝隙,铸件外侧的 4 个内浇道正对铸件两侧侧壁,内浇道中部 4 个内浇道正对铸件内腔的加强筋板,在铸件顶部相邻两道缝隙圆棒之间安放 3 个冒口,在热节部位安放冷铁和石墨激冷,形成有利于顺序凝固的条件。

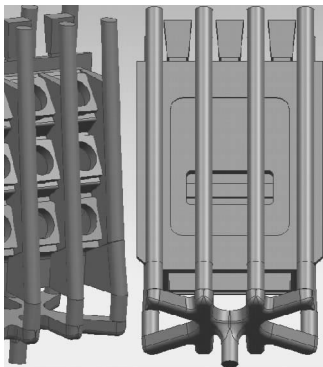


图 3 基座低压铸造工艺方案

Fig.3 Low pressure casting design for the base

内浇道截面积计算如下:

$$A_g = m / (\rho v t) \tag{1}$$

式中, A_g 为内浇道截面积, cm^2 ; m 为铸件质量, g ; ρ 为合金密度, g/cm^3 ; v 是内浇道出口线速度, cm/s ,为保证金属液平稳充型, v 值应不大于 $15 \text{ cm}/\text{s}$; t 是充型时间, s ;按合金液在型内上升速度计算, $t = h / v_{\text{升}}$ (h 为型腔高度, cm), $v_{\text{升}}$ 为 $1 \sim 6 \text{ cm}/\text{s}$ 。

用 UG 三维模型估算铸件浇注质量约为 490 kg ,

采用缝隙式浇道进行补缩,见图 4。缝隙浇口最小厚度 b 选择取 1.15δ ,缝隙圆棒采用上小下大形式,小端直径 D 取值为 $2.5 b$,斜度为 1.5° ,缝隙圆棒中心线至铸件外壁距离 a 取 60 mm 。在相邻两道缝隙浇道之间安放专用冷铁,冷铁两端倒角斜角,冷铁厚度为 1.3δ 。缝隙式内浇道数量为 8 个,间距取 $200 \sim 220 \text{ mm}$ 。

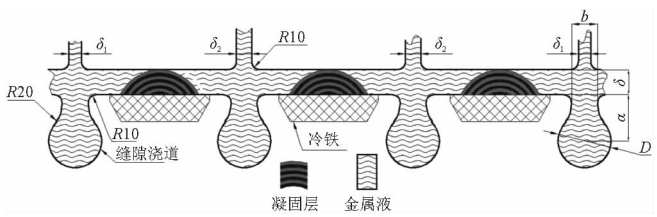


图 4 缝隙式内浇道结构示意图

Fig.4 Schematic diagram of slit-like ingate structure

1.3 合金熔炼

ZL205A 铝合金熔炼时,使用旋转喷吹精炼机对铝液进行连续搅拌 15 min 。表 1 为 ZL205A 铝合金的实际化学成分与标准化学成分。可以看出,合金的化学成分满足 GB/T 1173-1995 标准要求。

表 1 ZL205A 合金实测化学成分与标准对比

Tab.1 Comparison of the actual measured chemical composition of the ZL205A alloy with GB/T 1173-1995 %

合金	w_B										%
	Cd	Ti	Zr	Cu	B	Mn	V	Fe	Si	Al	
标准	0.15~0.25	0.15~0.35	0.005~0.20	4.6~5.3	0.005~0.06	0.3~0.5	0.05~0.3	≤ 0.15	≤ 0.06	余量	
1	0.18	0.31	0.13	5.14	0.02	0.38	0.15	0.03	0.01	余量	
2	0.21	0.29	0.10	5.02	0.03	0.42	0.13	0.02	0.01	余量	
3	0.20	0.33	0.12	4.91	0.05	0.39	0.09	0.05	0.02	余量	

1.4 浇注

浇注温度选取为 $675 \sim 680 \text{ }^\circ\text{C}$ 、充型速度 $v_{\text{升}}$ 取 $2 \text{ cm}/\text{s}$ 、充型时间为 $65 \sim 75 \text{ s}$ 。在确定好浇注参数后,将其录入 LPC-DV08-NH 低压铸造液面加压控制系统中。

2 内部品质检测与性能测试

2.1 X 射线探伤检测及表面质量检查

采用 XXQ-2005 型 X 射线探伤机对铸件进行检测,检测结果分别见表 2、图 5 与图 6。

表 2 X 射线检测(表面检测)

Tab.2 XRD inspection(surface inspection)

缩孔、缩松	气孔	偏析	表面缺陷
图 1 中 B 部位发现缩孔缺陷	图 1 中 B 部位发现密集性气孔(见图 5)	可探照区域未发现线性偏析、絮团状偏析	图 1 中 D 部位和 E 部位发现气孔

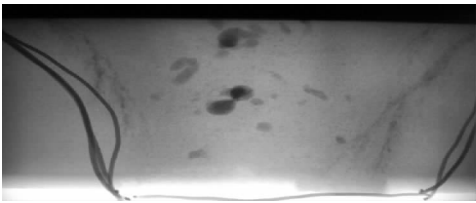


图 5 铸件浇注位置顶部安装边缩孔、密集性气孔
Fig.5 Shrinkage, gas hole in the up-assembled end of the base



图 6 铸件方盘上部气孔
Fig.6 Gas holes in the square disc of the base

2.2 力学性能测试

ZL205A 基座铸件单铸试样与铸件本体切取试样

力学性能测试在 WE-100 型数显液压万能试压机上完成, 每个部位取 3 个试样测试并取平均值, 结果见表 3。

表 3 铸件力学性能检测结果

Tab.3 Mechanical properties of the base				
试样	检测数据		标准值	
	σ_b /MPa	δ_s /%	σ_b /MPa	δ_s /%
单铸试样	1	502	7.7	440
	2	489	8.3	440
	3	497	8.1	440
本体试样	图 1 中 F 处	395	5.2	330
	G 处	390	6.5	330
		400	5.3	330

3 基座缺陷原因分析

金属液进入型腔, 空气被加热, 出现向上排出铸型的现象, 一部分空气进入型腔的死角, 在金属液热力作用下膨胀长大, 形成较大的气孔缺陷, 见图 7。

基座铸件的树脂砂铸型整体高度达到 1 400 mm 以上, 铸件型腔复杂、转角较多, 升液速度设置过快, 合

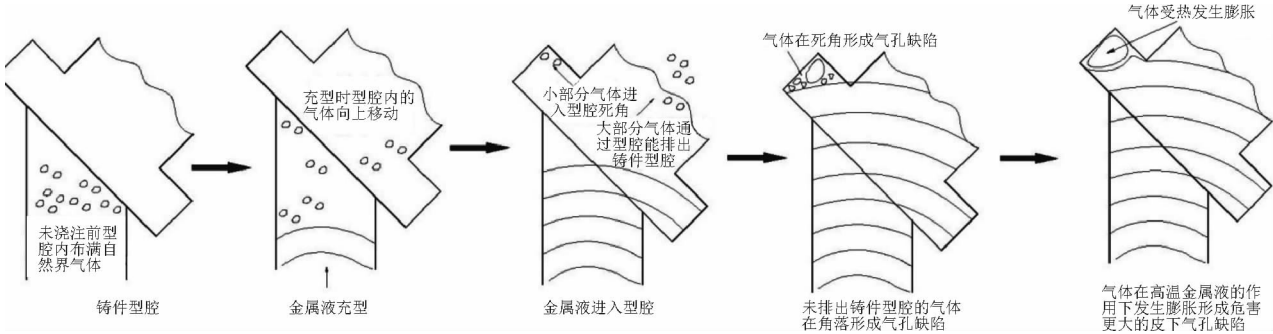


图 7 气孔缺陷形成过程
Fig.7 Formation mechanism of gas hole in the ZL205A base

金液在型腔内产生紊流卷气; 合金液流动距离远, 到达铸型顶部的熔液温度很低, 不利于气、渣排出型腔, 易于在铸件中上部产生夹渣及气孔等缺陷。

基座铸件顶部左右两侧的缝隙浇道间距很近, 浇注时铸件顶部缝隙浇道周围过热而导致铸件顶面处安装边产生缩松、缩孔缺陷; 同时铸件顶部是型腔中渣、气聚集区, 气和渣阻碍缝隙浇道对铸件的补缩, 加重了铸件产生缩松、缩孔缺陷的情况。

4 解决措施

针对基座铸件方盘上部产生气孔的原因, 从铸造工艺上优化铸件局部结构, 让渣、气有时间和条件沿着开设的工艺通道排出型腔或进入铸件加工余量范围内, 有利于降低铸件产生夹渣气孔、缺陷的概率 (见图 8)。

针对铸件顶部产生密集性气孔、缩松和缩孔缺陷的原因, 将充型速度降为 1.5 cm/s, 以防止金属液在型腔内紊流卷气; 将浇注温度设为 682~687 ℃; 并将顶面安

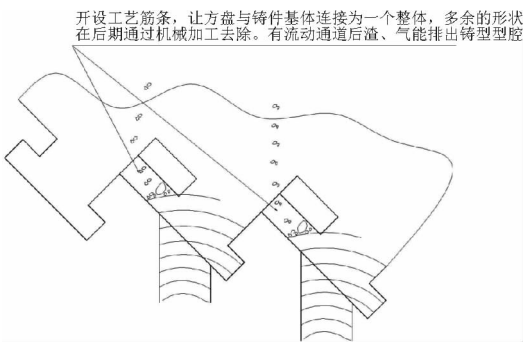


图 8 铸件结构局部优化
Fig.8 Partial optimization of base structure

装边加高 50 mm 增加气和渣的存储空间; 采用钢质冷铁与铬铁矿砂包裹对铸件顶部进行整体激冷, 防止铸件顶部过热, 从而形成良好的顺序凝固条件。

5 结 语

ZL205A 铝合金基座生产试制, 通过提高浇注温

精密铸造马氏体铬型不锈钢麻点缺陷的解决方案

敦耀辉 宿运招 张思岗
(石家庄市精诚不锈钢制品有限公司)

摘 要 熔模铸造马氏体铬型不锈钢表面极易产生麻点,是常见并较难解决的铸造缺陷。根据麻点的形成原因,进行了不同的试验方案,分析麻点缺陷形成原因,提出两种解决措施,一是采用专用磁选设备对制壳材料进行磁选,以减少磁性氧化物;二是在制壳过程中,采用鳞片石墨砂做为过渡层,既能制造还原性气氛又能阻挡硅酸铁渗透,有效避免了麻点的产生。

关键词 熔模铸造;马氏体铬型不锈钢;麻点;鳞片石墨砂

中图分类号 TG249.5 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.02.028

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Solutions on Pockmark Defects in Investment Casting Martensitic Chromium Stainless Steel

Dun Yaohui, Su Yunzhao, Zhang Sigang
(Shijiazhuang Jingcheng Stainless Steel Products Co., Ltd.)

Abstract: Pockmark can easily occur on the surface of investment casting martensite chromium stainless steel, which is a common flaw and difficult to solve during investment casting. According to the formation mechanism, different test schemes were carried out to verify the necessary conditions for the formation of pockmark defects and various solutions were put forward. First special magnetic separation equipment was used for shell material magnetic separation to reduce magnetic oxide. Second, flake graphite sand is used as the transition layer during the process of shell making, which could not only create the reduction atmosphere but also prevent the penetration of ferric silicate, effectively avoiding the generation of pockmark.

Key Words: Investment Casting, Martensitic Chromium Stainless Steel, Pockmark, Flake Graphite Sand

熔模铸造马氏体铬型不锈钢时,易产生麻点缺陷,严重时会造成批量报废,原因往往涉及原材料、生产过程控制和工艺条件等多方面因素。针对麻点缺陷,设计了几种工艺方案来解决,为生产马氏体铬型不锈钢铸件提供参考。

1 麻点缺陷

马氏体铬型不锈钢熔模铸件麻点缺陷呈规则的半

球形小坑,凹坑直径一般为 0.3~0.8 mm,深 0.3~0.5 mm,未清理时凹坑内有黑色熔渣物质,焊修难度较大。

熔渣的金相分析表明,熔渣内含有硅酸铁、硅酸锰及硅酸钴等化合物。X 射线衍射证明黑色麻点是由磁铁矿(Fe_3O_4)和铁铬尖晶石($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$)组成。对缺陷处金属成分和熔渣成分进行分析后认为,麻点是金属液中的氧化物与型壳材料中的氧化物发生化学反应形成的^[1]。产生的主要原因如下:①锆英砂等耐火材料中

收稿日期:2020-10-30;修改稿收到日期:2020-12-10

第一作者简介:敦耀辉,男,1989 年出生,工程师,石家庄(050000),E-mail:dunyaohui@qq.com

引用格式:敦耀辉,宿运招,张思岗.精密铸造马氏体铬型不锈钢麻点缺陷的解决方案[J].特种铸造及有色合金,2021,41(2):261-264.

DUN Y H, SU Y Z, ZHANG S G. Solutions on pockmark defects in investment casting martensitic chromium stainless steel[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(2):261-264.

度、降低浇注速度、增加顶部安装边,使用冷铁和石墨及铬铁矿砂对铸件进行整体激冷,成功铸出了符合技术要求的 ZL205A 基座铸件。ZL205A 基座铸件经 X 射线探伤检测,表面着色检测未发现明显组织缺陷,力学性能检测均满足技术要求。

参 考 文 献

[1] 北京航空材料研究院.ZL205A 高强度铸造铝合金的研制[M].北

京:机械工业出版社,1977.

[2] 熊艳才,刘伯操.铸造铝合金现状及未来发展[J].特种铸造及有色合金,1998(4):1-5.

[3] 舒群,陈玉勇,徐丽娟.ZL205A 合金现状及未来发展[J].特种铸造及有色合金,2005,25(2):27-33.

[4] 中国机械工程学会铸造分会.特种铸造[M].北京:机械工业出版社,2003.

(编辑:张正贺)