

导流筋的熔模铸造工艺研究

陈建华, 罗锐祥

中山市广重铸轧钢有限公司, 广东 中山 528429

DOI: 10.61369/VDE.2026010025

摘要 : 导流筋板属于壁厚不均的空心、扁形、弧面结构熔模精铸件, 在铸造过程中, 常常出现浮芯、鼓包、断芯漏砂等缺陷。型壳质量不仅与制壳工艺相关, 脱蜡系统的设计也极为重要, 同时这也是最容易被忽视之处。通过在蜡模大平面增设工艺排蜡筋、制壳时捆绑铁丝、向模壳内腔灌砂等方式增强型壳强度, 并采取脱蜡开排气孔等措施, 成功解决了铸件存在的浮芯、鼓包、断芯漏砂等问题, 改善后的铸件质量符合技术要求。

关键词 : 压力差; 型壳裂纹; 浮芯; 漏砂

Study on the Mould Casting Process of Guide Rib

Chen Jianhua, Luo Ruixiang

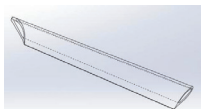
Zhongshan Guangzhong Casting and Rolling Steel Co.,Ltd., Zhongshan, Guangdong 528429

Abstract : The guide rib plate, a hollow, flat, and curved structure with uneven wall thickness, is a precision-cast mold part. During casting, defects such as core floating, bulging, core breakage, and sand leakage frequently occur. The shell quality depends not only on the shell-making process but also on the design of the dewaxing system, which is often overlooked. By reinforcing the shell's strength through measures like adding process wax ribs on the wax mold's large plane, tying iron wires during shell-making, and injecting sand into the mold cavity, along with implementing dewaxing and venting holes, the issues of core floating, bulging, core breakage, and sand leakage were successfully resolved. The improved castings met technical requirements.

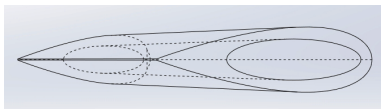
Keywords : pressure difference; core crack; floating core; sand leakage

一、铸件结构特点及要求

导流筋壁厚不均匀的空心、扁形、弧面结构, 长1000mm, 宽200mm, 最大厚度40mm, 最小厚度1mm; 内孔为长130mm宽30mm; 其结构示意图如下图(图一、图二)所示:



图一 铸件形状



图二 铸件形状

- (1) 需制作出一个合格的蜡模。
- (2) 组树工艺应便于制壳操作。
- (3) 蜡模完全从型壳中脱除, 从而获得符合技术要求的空腔型壳结构。
- (4) 确保液态金属能够平稳充型, 进而获得一个合格的铸件。

二、工艺方案

基于上述四点核心要求, 工艺方案重点优化蜡模强度与组树稳定性, 采用分段式蜡模拼接+支撑结构设计+主体开窗口设计

(见图三), 确保脱蜡时不变形; 制壳过程引入多层梯度涂挂工艺, 外层增强型壳抗压性, 内层提升表面致密度, 内孔采用塞砂工艺, 通过设置工艺窗口与捆绑铁丝来增强型壳强度, 脱蜡时开设排气孔以确保平稳充型, 有效解决了铸件缺陷, 质量满足技术要求。

浇注系统采用底注式结合缓冲溢流结构, 有效平衡压力差, 抑制金属液冲击导致的型壳裂纹与浮芯风险; 最终实现铸件尺寸精度与内部质量双达标。



图三 组树工艺

三、模具设计及蜡模制作

根据铸件的结构，采用整体模具结构。蜡模保压时间是关键工艺参数，保压时间不足将导致蜡模发生变形，具体表现为厚壁区域出现凹陷，薄壁及孔结构区域发生塌陷。经对45分钟、70分钟、100分钟及120分钟等多种保压时长进行系统试验，最终确定最优保压时间为120分钟。蜡模取出后需浸入 $14 \pm 4^\circ\text{C}$ 的水中进行冷却，直至完全冷却后方可进入后续工序。若待蜡模完全冷却后再进行脱模，则因蜡料收缩导致内孔抽芯被抱紧，加之抽芯长度较大且无退让间隙，若强行抽芯将引起蜡模破裂，造成产品报废。

四、型壳制备

蜡模作为熔模铸造工艺的基础构件，其质量直接影响最终铸件的精度与表面质量；而涂挂工序则是保障型壳完整性及性能的关键环节。本研究采用全硅溶胶制壳工艺，通过系统控制涂料配制、撒砂及干燥等工艺参数，以提升型壳的整体强度与高温稳定性。

在涂料配制方面，选用优质硅溶胶作为粘结剂，并严格控制其浓度与酸碱度，确保涂料具有良好的流动性和涂挂性。撒砂过程中，根据型壳的不同层数和要求，选择合适粒度的砂粒，并控制撒砂的均匀性，以保证型壳的厚度和强度。干燥工序则根据环境温度和湿度调整干燥时间和温度，避免型壳因干燥过快或过慢而产生裂纹或变形。通过这些工艺参数的系统控制，有效提升了型壳的整体强度与高温稳定性，为后续的浇注工序奠定了良好的基础。

表一 涂料参数

Table 1 Paint Parameters

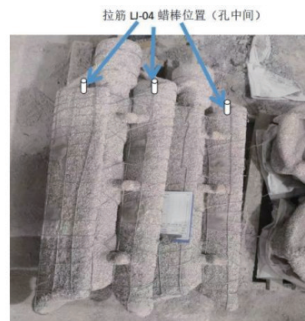
	浆料	粘度(秒)	撒砂	粒度	层数
面层	铅粉	33-36	铅砂	120#	1
二层(细砂层)	铅粉	23-26	莫来砂	30-60#	1
加固层(中砂层)	莫来粉	15-17	莫来砂	16-30#	3
加固层(粗砂层)	莫来粉	15-17	莫来砂	10-20#	6
封浆层	莫来粉	7-9			

由于铸件太长，内孔相对窄小，第一个面层可能有做不到位的地方，影响铸件表面质量，并且不容易去除。所以做两个面层铅浆，保证所有区域都有铅浆，以保证表面质量。

涂挂至第六层后，于浇注系统及铸件厚实区域均匀撒布一层石墨砂(见图五)。通过石墨材料的发热特性，可有效延缓该区域的冷却速率并延长其凝固时间，从而显著增强对薄壁部位的补缩效果。

第七层后，对铸件内孔实施灌砂处理，并在两端进行封堵。靠近冒口端封口时，于孔道中央预埋一根截面尺寸为 $15\text{ mm} \times 20$

mm的蜡质拉筋(见图4)。为后续脱蜡做准备。



图四 加蜡拉筋



图五 撒石墨砂

五、脱蜡

脱蜡参数：脱蜡压力设定为0.7 MPa，升压时间为10秒，脱蜡过程持续18-20分钟。

脱蜡排气阶段采用系统内置的自动排蜡程序，时间过快，压力差越大。由于型壳结构呈中空形态，在填充干砂并完成两端封堵后，形成一封闭内腔。在脱蜡过程中，蜡液完全排出后，芯腔内部压力未能及时释放，造成内外压差失衡，易诱发型壳裂纹，严重时可能导致芯体断裂。



图七 断芯 开裂



图八 漏壳 粘砂



图九 漏壳 粘砂



图十 脱蜡包棉

因此，必有控制好两个关键点：

第一，在脱蜡工序开始前，需先将预埋拉筋的壳模磨开，以便实现型壳排气、排蜡时内外压力的平衡。

第二，在脱蜡工序开始前，于壳模表面覆盖纤维保温棉层(见图十)，旨在抑制其表面温度的急剧升高。此举可避免因表层与内部区域之间存在显著温差而形成的温度梯度，该梯度可能影响脱蜡过程的均匀性，并因热应力作用导致壳模产生结构性裂纹。

第三，最重要的关键点是排蜡，经过多次测试，排蜡时不采用脱蜡釜的自动系统，改为手动控制开关，分段式把排蜡时间延长。

经过这些措施，可有效避免脱蜡后型壳开裂及断芯导致的漏砂现象，从而获得质量符合工艺要求的型壳。

六、浇注

型壳采用二次焙烧工艺。第一次进行预焙烧，焙烧温度为1050℃，时长90分钟，随后随炉冷却。第二次焙烧时，将温度提升至1050℃，不进行保温处理，直接出炉。此时壳芯温度不会因过热与外形形成大的温度差，影响凝固顺序。



图十一 埋砂

由于型壳高度达到1300mm，所受压力较大，容易出现跑火现象，因此需采用埋砂浇注的方式（见图十一）。从中间浇口注入液态金属，经过缓冲后实现平稳充型，确保液态金属能够平稳地完成充型过程，避免了壳芯承受不住压力而断裂或浮芯。

浇注操作要先快后慢，上冒口杯后慢慢进水，保证不断流情况下以最慢速度浇注，直至浇满，最后覆盖保湿剂。

七、结论

通过在蜡模大平面增设工艺排蜡筋、制壳时捆绑铁丝、向模壳内腔灌砂等增强型壳强度，以及脱蜡开排气孔等措施，成功解决了导流筋熔模铸造中的浮芯、鼓包、断芯漏砂等问题。

这些工艺优化方法有效提升了铸件质量，使其符合技术要求，为类似壁厚不均、结构复杂的熔模精铸件生产提供了可行的解决方案，对熔模铸造工艺具有参考价值。

参考文献

- [1] 杜欢欢, 郝圆亮, 冀晓磊, 等. 铝合金壳体熔模铸造工艺研究 [J]. 铸造工程, 2025, 49(06): 7-12.
- [2] 佟鑫. 镁铝合金铸造缺陷机制分析及对策 [J]. 世界有色金属, 2024, (15): 25-27.
- [3] 沈鹏. 基于安全工程的精密铸造工艺安全风险分析与控制 [C]// 中国智慧工程研究会. 2025工程新技术与新方法经验交流会论文集. 兰陵城投精密铸造有限公司; , 2025: 179-181.
- [4] 陈建华, 阳鹏, 罗锐祥, 等. 石墨砂在精铸型壳中应用机理探讨 [J]. 特种铸造及有色合金, 2023, 43(06): 856-859.
- [5] 尹伟利. 精密铸造技术的发展现状与趋势 [J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(11): 139-141.
- [6] 杜欢欢, 郝圆亮, 冀晓磊, 等. 铝合金壳体熔模铸造工艺研究 [J]. 铸造工程, 2025, 49(06): 7-12.
- [7] 周芯蕊, 刘祥荣, 杨晨曦. 熔模铸造的防污环保实践 [J]. 铸造工程, 2025, 49(S2): 57-62.
- [8] 张鹏飞, 张林嘉, 周瑜, 等. ZTi55钛合金精密铸造油箱骨架模拟仿真与晶粒尺寸研究 [J]. 铸造技术, 2025, 46(09): 865-872.
- [9] 蒋明, 谭奇, 张伟伟, 等. 熔模铸造深孔窄槽部位制壳工艺研究 [J]. 铸造工程, 2025, 49(05): 1-6.
- [10] 马静, 王林春, 张宁, 等. 某钛合金条形结构件铸造工艺分析及优化 [J]. 铸造, 2025, 74(08): 1112-1118.