

## 离心铸造过程中质量控制与检验方法探讨

黄世雨 张振法 王琰

安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455000

**[摘要]**在离心铸造过程中,铸件合格率与生产效率的提升,归根结底依赖于质量控制与检验方法的有效实施。我国离心铸造行业面临的市场需求及技术挑战,日益增长。虽然先进的无损检测技术,如超声波检测与X射线成像,已被许多企业应用于识别铸件内部缺陷,但在质量控制体系的建立与完善方面,仍存在不足之处。此外,工艺参数的优化与原材料的严格管理,也亟需加强。文章旨在探讨适用于离心铸造的质量控制与检验方法,为提升铸件质量及增强行业竞争力,提供参考。

**[关键词]**离心铸造;质量控制;检验方法

DOI: 10.33142/ect.v2i11.14332

中图分类号: TG249.4

文献标识码: A

### Exploration on Quality Control and Inspection Methods in Centrifugal Casting Process

HUANG Shiyu, ZHANG Zhenfa, WANG Yan

Angang Group Yongtong Ductile Cast Iron Pipe Co., Ltd, Anyang, He'nan, 455000, China

**Abstract:** In the centrifugal casting process, the improvement of casting qualification rate and production efficiency ultimately depends on the effective implementation of quality control and inspection methods. The market demand and technological challenges faced by Chinese centrifugal casting industry are increasing day by day. Although advanced non-destructive testing techniques such as ultrasonic testing and X-ray imaging have been applied by many enterprises to identify internal defects in castings, there are still shortcomings in establishing and improving quality control systems. In addition, the optimization of process parameters and strict management of raw materials also urgently need to be strengthened. The article aims to explore quality control and inspection methods applicable to centrifugal casting, providing reference for improving casting quality and enhancing industry competitiveness.

**Keywords:** centrifugal casting; quality control; inspection method

### 引言

离心铸造,作为一种高效且经济的铸造工艺,广泛应用于高质量金属部件的生产,例如管道、轮毂及轴类产品。凭借其独特的工艺特性,铸件的组织结构得以有效改善,力学性能与抗腐蚀能力显著增强。随着市场对产品质量要求的不断提升,质量控制与检验方法在离心铸造中的重要性愈发突出。铸造过程中出现的质量问题,如气孔、裂纹、冷隔及尺寸偏差,不仅影响铸件外观,还可能对其功能与安全性造成严重影响。因此,建立完善的质量控制体系及科学有效的检验手段,显得尤为重要。综合管理材料选择、工艺参数控制、模具设计、过程监测与最终检验等各个环节,缺陷率能够显著降低,从而确保铸件符合技术规范与使用标准。此外,现代无损检测技术,如超声波检测与X射线检测,可实时监控铸件内部质量,提供准确的数据支持。基于此,离心铸造过程中的质量控制方法及检验手段,将在本研究中深入探讨,以期提升铸造产品质量提供有力支持。

### 1 离心铸造过程中质量控制的重要性

在离心铸造过程中,质量控制的重要性,不仅体现在对最终产品质量的直接影响上,更深层次地关系到整个生产过程的效率、经济性与安全性。因其能够制造出高强度且均匀的铸件,离心铸造技术被广泛应用。然而,在实际生产中,任何环节的失控均可能导致产品缺陷,从而影响

结构的完整性与可靠性。例如,不当的材料选择或温度控制失误,可能会导致铸件内部缺陷的产生,这不仅降低了产品的机械性能,还可能在使用中引发安全事故。通过实施系统化的质量控制,能够在源头识别与消除潜在的质量风险,确保每个生产环节符合标准化要求。此外,严格的质量控制也可有效降低返工与废品率,从而节省生产成本,增强企业竞争力。更为重要的是,在当今市场环境下,消费者对产品质量的关注日益增加,完善的质量控制体系不仅体现了企业的信誉,也是其可持续发展的基础。深入理解与落实离心铸造过程中的质量控制,关乎的不仅是单一产品的成功,更是提升整个企业价值与行业地位的关键因素。

### 2 离心铸造中的质量控制方法

#### 2.1 材料选择与管理

在离心铸造过程中,确保铸件质量的关键因素是材料的选择与管理。原材料的适宜性直接影响铸件的物理与化学性能,因此,符合标准的金属材料,如铝合金、铜合金或特种钢,必须严格筛选。在材料选择时,强度、耐腐蚀性与流动性的关注至关重要,以确保在高温条件下,材料能够保持良好的流动性,避免气孔及夹杂物的出现。此外,材料管理同样重要,涉及对原材料的储存、检验及追溯。应建立完善的管理体系,以确保在使用前对材料进行严格的质量检测,及时识别不合格的材料,防止其流入生

产环节<sup>[1]</sup>。定期评估与审核材料供应商,被视为保障材料质量的重要措施,确保其长期稳定的供货能力。

## 2.2 模具设计与维护

在离心铸造过程中,铸件质量的重要影响因素之一,是模具的设计与维护。模具设计应依据铸件的几何形状及材料特性,以确保良好的金属流动与充型性能在铸造时得以实现。合理的设计能够有效减少冷隔与气孔等缺陷,同时提升铸件的表面光洁度与尺寸精度。模具材料的选择同样不可忽视,高强度钢与耐热合金等材料具备良好的耐磨性与耐高温性能,能够承受铸造过程中的高温高压环境。此外,模具的定期维护也至关重要,需检查其磨损与损伤情况,及时进行修复或更换,以确保模具始终处于最佳工作状态。模具的清洁保持,将有效防止铸料的粘附与积聚,从而提高铸造效率与铸件质量。

## 2.3 铸造过程参数控制

在离心铸造中,确保铸件质量的核心环节是铸造过程参数的控制。关键参数包括转速、温度、浇注时间以及冷却速度,这些因素直接影响铸件的结构性能与表面质量。金属液体在模具中的流动与填充,转速的选择至关重要,适当的转速能够确保金属液体均匀分布,降低气孔及其他缺陷的风险。浇注温度需依据材料特性严格控制,以避免金属液体在浇注过程中出现过早凝固,而造成内部缺陷。同时,合理控制浇注时间可减少金属液体在模具中的滞留,进而提升铸造效率。冷却速度同样是一个重要参数,冷却过快或过慢均会影响铸件的晶粒组织与力学性能,因此,需根据实际情况选择合适的冷却方式。

## 3 检验方法

### 3.1 外观检验

在离心铸造过程中,外观检验是质量控制的重要环节,旨在通过观察与评估铸件的表面特征,识别潜在的缺陷及质量问题。检验人员通常关注铸件的表面光洁度、颜色均匀性、形状及尺寸,以确保其符合设计规范。常见的缺陷,如气孔、裂纹、冷隔、砂眼及表面粗糙等,可能对铸件的性能及使用寿命产生负面影响。因此,外观检验不仅要求具备专业技能与经验的检验人员,还需具备良好的观察能力及细致的工作态度。理想的光照条件下进行外观检验,是常规做法;必要时,可借助放大镜或其他辅助工具以提高检测精度。此外,检验结果的记录与分析,有助于为后续的质量改进提供重要数据支持。

### 3.2 尺寸检验

在离心铸造过程中,尺寸检验是确保铸件符合设计规格的关键环节,主要通过测量各个关键尺寸来判断是否满足公差要求。常用的测量工具,如游标卡尺、微米尺、千分尺以及三维坐标测量机,能够提供高精度的测量结果。重点关注的铸件部分包括外形尺寸、孔径、壁厚及关键部位的几何形状,以确保其与设计图纸一致<sup>[2]</sup>。尺寸偏差的存在,可能导致铸件在后续加工或装配中出现不匹配,从

而影响整体产品的功能与性能,因此,严格控制尺寸精度显得尤为重要。应注意,尺寸检验应在铸件冷却后进行,以避免热胀冷缩带来的测量误差。记录尺寸检验结果,并与设计标准进行对比分析,有助于识别生产过程中的潜在问题,从而指导后续工艺的调整与改进。

## 3.3 无损检测技术

### 3.3.1 超声波检测

超声波检测是一种高效的无损检测方法,广泛应用于离心铸造中,以确保铸件的内部质量及结构完整性。该技术通过发射高频声波并接收其在材料内部传播时的反射信号,从而识别铸件内的缺陷,如裂纹、气孔与夹杂物。在实际操作中,超声波探头与铸件表面的接触至关重要,声波在材料中传播时,遇到缺陷时反射信号会发生变化,这些变化被记录并加以分析。高灵敏度与良好的深度穿透能力,超声波检测具备,能够有效探测深层次缺陷,并且不会对铸件造成损伤。此外,此检测方法适用于多种材料,特别是在金属与合金检测中表现尤为突出。为了提高检测的准确性,专业培训的操作人员必须经过,以掌握相关检测技术与数据分析方法。

### 3.3.2 X射线检测

X射线检测是一种高效的无损检测技术,广泛用于离心铸造中,以评估铸件的内部结构与质量。通过高能X射线穿透铸件,这项技术能够检测内部缺陷,如气孔、裂纹及夹杂物。在检测过程中,铸件被放置在X射线源与探测器之间,当X射线穿透铸件时,若存在缺陷,射线在传播过程中会发生衰减,形成影像。经过处理,这些影像能揭示铸件的内部问题,从而帮助检测人员作出准确判断。高分辨率与深度穿透能力,是X射线检测的优势,能够清晰显示复杂结构中的微小缺陷,适合多种材料,特别是金属与合金。尽管设备成本较高,且操作需严格遵循安全规范,但其检测结果的可靠性与准确性,使其在质量控制中扮演着不可或缺的角色。

## 3.4 力学性能测试

力学性能测试是评估离心铸造产品质量的重要环节,通过对铸件进行一系列物理及机械性能的检测,确保其在实际应用中的可靠性与安全性。通常,这些测试包括抗拉强度、屈服强度、延伸率及硬度等指标,反映材料在不同负荷下的表现。拉伸试验能够揭示材料在受力情况下的变形特性,从而帮助理解其塑性与脆性特征;而硬度测试则提供了材料抗压与抗磨损能力的直观评估。力学性能测试的有效性,依赖于合适的测试设备与标准化的程序,同时,严格控制测试环境,以确保数据的准确性与重复性<sup>[3]</sup>。此外,测试结果为铸件设计与应用提供了重要参考,辅助工程师在选择材料及制定工艺时,作出明智的决策。

## 4 离心铸造过程中常见质量问题及对策

### 4.1 气孔

气孔是离心铸造中常见的质量缺陷,通常源于金属液体中气体未能及时排出。气体的来源可能包括熔融金属中的杂

质、潮湿的铸造材料或化学反应。当这些气体在铸造过程中被困住时，冷却后便形成气孔，从而降低铸件的强度与密封性。为有效预防气孔的产生，多种措施可被采取。优化浇注温度至关重要，较高的温度能降低金属液体的粘度，提高气体的排出效率。此外，真空浇注技术的采用，可以有效降低铸造过程中气体含量，从而减少气孔生成的可能性。保持铸造材料的干燥与清洁，避免使用潮湿或污染的砂料，也是降低气孔发生概率的有效方法。合理设计模具的排气系统，确保气体顺畅排出，有助于进一步减少气孔的形成。

#### 4.2 裂纹

裂纹是离心铸造中常见的质量问题，主要在铸件冷却过程中发生，通常是由于温度变化引发的热应力过大，导致材料断裂。这种缺陷不仅影响铸件的外观，还显著降低其力学性能与使用寿命。为有效防止裂纹产生，能够采取多项措施。合理设计铸件的几何形状，避免尖锐边缘与复杂结构，有助于有效分散应力，从而减少应力集中。此外，控制铸造过程中的冷却速度至关重要，采用渐进冷却方式能够降低温度梯度，防止因温差过大而引发裂纹。同时，选择合适的材料及合金成分，亦有助于提高铸件的韧性，降低脆性断裂的风险。进行材料的预热处理，可以减少温度变化对材料造成的应力影响，从而进一步提升铸件的质量。

#### 4.3 冷隔

冷隔是离心铸造中常见的质量缺陷，通常因金属液体在浇注过程中流动不畅或凝固过快而形成。这种现象会导致铸件内部出现分层，从而降低材料的力学性能及整体质量。冷隔的产生与铸造温度、浇注速度及模具设计密切相关。为有效防止冷隔的发生，确保金属液体的浇注温度足够高，以维持良好的流动性，从而顺利填充模具的各个部分，至关重要<sup>[4]</sup>。同时，浇注速度的优化也不可忽视，适当提高浇注速度，可以减少金属液体在流动过程中的冷却，防止其过早凝固。在模具设计时，流动通道的形状与位置需仔细考虑，以确保金属液体能够顺畅流动，避免死角及流动阻碍。此外，铸造前对模具进行预热，有助于提高模具温度，减少金属液体接触模具表面时的冷却速度，从而进一步降低冷隔发生的概率。

#### 4.4 表面缺陷

表面缺陷在离心铸造中是常见的质量问题，通常表现为砂眼、气泡、表面粗糙度不均及剥落等。这些缺陷不仅影响铸件的外观，还可能导致性能在实际应用中下降。表面缺陷的产生与模具材料、铸造工艺以及表面处理工艺密切相关。为有效预防此类问题，应从多个方面着手。高质量的铸造砂及适宜的涂层材料的使用，能够减少砂粒粘附及气体释放的现象。模具设计应优化，以保持表面光滑，从而避免因粗糙导致的缺陷。同时，浇注速度与温度的控制，防止金属液体在流动中产生过多气泡或熔渣。铸件冷却后，微小缺陷需及时通过喷砂或抛光等表面处理去除，从而提升整体质量。

#### 4.5 尺寸偏差

尺寸偏差在离心铸造中是一个普遍的质量问题，通常指铸件的实际尺寸与设计尺寸之间的差异。这种偏差可能影响铸件的配合性与装配质量，导致在使用时出现功能失效。尺寸偏差的成因涉及多个因素，包括模具磨损、铸造过程中的温度波动、材料收缩特性及浇注工艺的不稳定性。为有效控制尺寸偏差，需采取多项措施。定期检查与维护模具，确保其精度与稳定性，以降低因磨损引起的尺寸变化。铸造工艺参数的优化，特别是浇注温度与冷却速率的控制，有助于减少材料收缩对尺寸的影响。此外，合理选择合金成分与材料特性，确保在凝固与冷却过程中保持良好稳定性，对控制尺寸偏差同样重要。生产后，进行精密测量及必要的修整，以确保产品符合设计标准。

#### 5 结语

在离心铸造过程中，实施有效的质量控制与检验方法至关重要。通过对生产各个环节的严格监控，铸件的整体质量显著提高，确保其满足日益严格的市场要求。本文讨论了当前行业内常见的质量控制技术，包括无损检测、过程监控及反馈机制的建立。这些方法不仅能够及时识别潜在缺陷，还为生产过程的优化提供了宝贵的数据支持。展望未来，随着智能技术的不断发展，离心铸造的质量控制将朝着更加精细化和智能化的方向发展，从而实现生产效率与产品质量的双重提升。同时，员工培训与管理的加强，工艺参数与原材料选择的改进，将为行业的可持续发展奠定坚实基础。持续的创新与完善将是离心铸造行业在竞争激烈的市场环境中保持领先地位的重要保障，进而为经济发展作出更大贡献。

#### [参考文献]

- [1]李积武,姜飞.离心铸造原理分类及应用[J].科技创新与应用,2023,13(29):153-156.
- [2]康建明,梁海成,赵大志,等.镁合金离心铸造工艺数值模拟研究[J].特种铸造及有色合金,2023,43(4):452-456.
- [3]万敏,李宝秀,杨秀霞,等.离心铸造高碳半钢辊环开裂失效分析[J].铸造,2022,71(12):1580-1584.
- [4]刘建彬,武博,燕铸.离心铸造制备双金属复合管的选材设计[J].钢管,2023,52(1):49-51.

作者简介:黄世雨(1995.3—),毕业学校:安阳师范学院,所学专业:电气工程及其自动化,单位:安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司,职务:离心机工段长,职称:助理工程师;张振法(1996.2—),毕业学校:郑州职业技术学院,所学专业:汽车检测与维修,单位:安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司,职称:助理工程师;王琰(1995.4—),毕业院校:安阳工学院,所学专业:电气工程及其自动化,单位:安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司,职称:助理工程师。