

铸造企业质量管理体系优化研究

石项伯^{1, 2}

1. 广西柳工机械股份有限公司 广西柳州 545007

2. 柳工柳州铸造有限公司 广西柳州 545007

摘要: 本文针对铸造企业质量管理体系的现状, 运用质量管理体系优化理论和策略, 对铸造企业的质量管理体系进行了深入研究和实践。文章首先阐述了质量管理体系优化的原则和方法, 然后分析了铸造企业质量管理体系的构成、运行现状及存在的问题。接着, 提出了铸造企业质量管理体系优化的策略, 包括优化质量管理组织结构、质量管理流程、质量管理体系文件、质量监测与评价以及供应链管理。最后, 通过实践案例验证了优化策略的有效性, 为铸造企业质量管理体系优化提供了理论指导和实践参考。

关键词: 铸造; 质量; 管理; 优化; 运行

引言

随着市场竞争的加剧, 企业质量管理体系的优化成为提高企业核心竞争力的关键因素。铸造企业作为制造业的重要组成部分, 其质量管理体系的优化对于提升产品质量、降低生产成本、满足客户需求具有重要意义。本文旨在探讨铸造企业质量管理体系的优化策略, 以期为铸造企业提供有益的参考。

一、铸造企业质量管理体系优化理论

(一) 质量管理体系优化原则

铸造企业质量管理体系优化应遵循以下核心原则: 以顾客需求为导向, 将客户质量要求贯穿于产品全生命周期; 坚持过程方法, 系统识别和管理相互关联的生产过程; 基于事实决策, 建立完善的数据采集与分析系统; 领导作用与全员参与相结合, 形成质量文化; 持续改进机制, 通过PDCA循环不断提升质量水平; 供应链协同, 将供应商纳入质量管理体系; 风险思维, 提前识别和控制质量风险。这些原则共同构成了铸造企业质量管理体系优化的理论基础, 其中过程方法和持续改进尤为重要, 铸造生产过程包含熔炼、造型、浇注、清理等多个关键工序, 必须建立工序间的质量传递标准和控制要点, 同时通过质量月报、异常分析、改进项目等机制推动质量水平螺旋上升。

作者简介: 石项伯 (1988.07-), 男, 侗族, 广西三江侗族自治县人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 质量与计量研究。

(二) 质量管理体系优化方法

铸造企业质量管理体系优化可采用以下方法: 首先进行体系诊断评估, 采用成熟度模型或差距分析法评估现有体系状态, 重点评估过程控制能力、测量系统可靠性、不合格品处理机制等要素; 其次重构质量流程, 运用流程再造方法优化跨部门质量业务流程, 建立从原材料入厂到产品出厂的全流程质量控制网络, 特别要关注特殊过程的关键质量控制点设置; 第三是完善标准体系, 制定高于行业标准的内控标准, 包括原材料技术标准、过程质量控制标准、成品检验标准等, 形成完整的标准金字塔; 第四是建立数字化质量管理体系, 实现质量数据自动采集、实时监控、智能分析; 第五是强化质量工具应用, 在各部门推广使用FMEA、SPC、MSA等核心质量工具; 第六是构建持续改进机制, 建立质量改进项目管理制度, 鼓励员工提出质量改善建议, 定期开展QC小组活动; 第七是优化供应商质量管理, 建立供应商质量评价体系, 实施供应商质量能力提升计划, 推行供应商质量责任追溯制度。

二、铸造企业质量管理体系的现状分析

(一) 铸造企业质量管理体系的基本构成

以生产铸钢件、球铁件、灰铁件为主的铸造企业, 其质量管理体系通常由四个层级构成: 第一层为质量手册, 明确质量方针和目标, 同时需要确立具体的质量目标, 比如机械性能、化学成分、硬度、金相等过程指标的合格率, 还有综合废品率、质量损失率、铸件返修率等结果指标的合格率, 为持续改进提供有效、准确的数据基础。第二层为程序文件, 涵盖原材料控制、生产过

程控制、检验与试验等12-18个核心程序，其中铸钢件铝脱氧工艺控制程序、热处理控制程序、球铁件孕育球化控制程序尤为关键；第三层为作业指导书，包括熔炼工艺卡、造型作业指导书、热处理工艺卡等具体操作文件；第四层为质量记录，如炉前分析报告、金相检验记录、力学性能测试报告等。针对灰铁件特性，体系特别关注石墨形态控制、珠光体含量等关键质量特性。

（二）铸造企业质量管理体系的运行现状

当前铸造企业的质量管理体系运行呈现以下特点：在原材料控制方面，严格执行生铁、废钢的入场检验，但对回炉料的管理相对薄弱，回炉料杂质相对较多，铝脱氧剂的纯度检测频次不足；过程控制中，熔炼工序采用中频感应电炉，通过炉前热分析仪实时监控铁水质量，铝脱氧操作普遍采用“二次脱氧法”，但铝残存量波动较大；造型工序已基本实现机械化，但型砂质量控制的稳定性有待提高；质量检验方面，普遍配备光谱仪、万能试验机等基础设备，但对石墨形态的定量分析仍依赖人工金相评定，自动化程度低；异常处理方面，建立了不合格品评审流程，但对气孔、缩松等常见缺陷的根源分析不够深入，特别是铝脱氧工艺与皮下气孔的关联性研究不足。体系运行数据显示，主要铸钢件综合废品率在2-4%波动，其中因铝脱氧不当导致的渣气孔缺陷占比达15-20%。

（三）铸造企业质量管理体系存在的问题

结合铸钢件生产特点和废品率较高问题，当前质量管理体系存在以下突出问题：首先，铝脱氧工艺控制标准粗放，多数企业仅简单规定铝加入量范围，未根据不同熔炼条件建立差异化的铝脱氧控制模型，导致脱氧效果不稳定；其次，过程监控体系存在盲区，对铝脱氧关键参数的监控手段不足，78%的企业未建立铝脱氧工艺参数的实时采集系统；第三，测量系统存在缺陷，对铝残留量的检测滞后，无法实现实时调控，且现有光谱仪对微量铝<0.01%的测量精度不足 $\pm 0.003\%$ ；第四，质量追溯不完善，当出现气孔缺陷时，难以准确追溯至具体炉次的铝脱氧操作记录；第五，人员技能短板明显，熔炼操作工对铝脱氧原理理解不深，45%的现场人员不能正确解释铝脱氧与铁水氧活度的关系；第六，供应商管理薄弱，铝脱氧剂供应商质量参差不齐，但企业普遍缺乏有效的供应商评价方法。这些问题导致铸钢件的内在质量波动较大，特别在高端合金钢铸件生产中，因铝脱氧控制不当导致的渗漏问题成为客户投诉的主要焦点。此外，当前体系对新兴技术的应用明显滞后，制约了质

量水平的进一步提升。

三、铸造企业质量管理体系优化策略

（一）优化质量管理组织结构

铸造企业应当建立扁平化、专业化的质量管理组织架构，打破传统的职能壁垒。在质量管理部门下设工艺质量控制组、检测技术组和持续改进组三个核心单元，形成“铁三角”协作机制。工艺质量控制组重点负责熔炼、造型等关键工序的技术规范制定与执行监督，特别是铸钢件铝脱氧工艺的标准化工作；检测技术组主攻测量系统完善和检测方法创新，提升对铸件微观组织的分析能力；持续改进组则系统推进质量改进项目，建立跨部门协作平台。同时设立质量总监岗位，直接向总经理汇报，赋予质量一票否决权。在各生产车间配置专职质量工程师，实行矩阵式管理，既向车间主任汇报，又接受质量部门业务指导。建立质量技术委员会，由工艺、设备、质量等部门骨干组成，定期研讨重大质量议题。通过组织变革，使质量管理部门从单纯的检验职能转变为全过程质量保证中心。

（二）优化质量管理流程

重构以预防为主线的质量管理流程体系。在原材料入厂环节，建立供应商质量档案和原材料质量数据库，实施分级管理制度。熔炼工序重点优化铝脱氧工艺控制流程，建立“配料计算-熔炼监控-脱氧操作-效果验证”的闭环管理，引入铁水氧活度检测作为过程控制指标。造型工序完善型砂性能监控流程，增加检测频次和关键参数控制点。浇注环节建立浇注温度、速度的实时监控和自动记录机制。清理工序实施全数检验制度，对核心铸钢件关键部位进行100%渗透探伤。异常处理流程推行“三现主义”，要求质量人员在现场确认实物、了解现实情况、采取现实对策。建立质量问题快速响应机制，设置分级预警标准，明确不同级别质量问题的处理时限和升级路径。新产品开发流程中嵌入质量先期策划，在设计阶段就考虑工艺可行性和检测便利性。

（三）优化质量管理体系文件

构建层次分明、操作性强的文件体系。质量手册突出战略导向，将客户特殊要求转化为内部控制标准。程序文件进行瘦身增效，合并重叠程序，新增铝脱氧工艺控制、石墨形态评价等专项程序。作业指导书实现可视化改造，采用图片、流程图等直观形式展示操作要点，特别是铝脱氧操作要细化到加入方式、搅拌时间等细节。建立典型缺陷图库和质量案例集，收录历年质量问题和解决措施。推行文件动态管理机制，设立文件评审周期，

及时更新过时内容。简化质量记录表格，去除冗余字段，增加自动采集比例。开发电子化文件管理系统，实现版本控制和权限管理。针对不同岗位编制质量应知应会手册，帮助员工快速掌握本职工作的质量要求。定期开展文件符合性审核，确保现场执行与文件规定保持一致。

(四) 优化质量监测与评价

建立全过程、多维度的质量监测网络。在过程监测方面，增加在线检测设备投入，如铁水成分快速分析仪、型砂性能在线检测装置等。对铝脱氧工艺实施特殊过程确认，验证工艺参数的窗口范围。开发质量数据采集平台，实现关键参数自动采集和实时监控。完善测量系统分析，定期评估检测设备的重复性和再现性。在质量评价方面，建立分层审核制度，包括操作工自检、班组长巡检和质量专员专检。推行质量绩效量化管理，设置过程能力指数、缺陷逃逸率等科学指标。开展质量成本分析，区分预防成本、鉴定成本和失效成本。实施质量追溯演练，测试从成品到原材料的反向追踪能力。建立客户声音反馈机制，定期分析客户投诉和满意度调查结果。引入第三方质量评估，客观审视体系运行效果。通过监测评价体系的优化，实现从结果检验向过程预防的转变。

四、铸造企业质量管理体系优化实践

本案例研究对象为柳工铸件生产企业，其工艺控制体系对铸钢件、球铁件、灰铁件生产企业的质量管理具有重要参考价值。虽然材料体系不同（铸钢件以Fe-C合金为主，灰铁件为Fe-C-Si体系），但二者在熔炼控制、缺陷预防等方面存在共性技术需求。

该铸造企业采用中频炉熔炼工艺，其氧化还原控制技术与铸钢件铝脱氧工艺具有可比性。研究显示，铸钢件生产采用“高碱度渣系+扩散脱氧”复合工艺，脱氧剂选用硅钙合金与铝粉组合，最终将溶解氧控制在15ppm以下。这一系统的脱氧控制思路值得铸钢件企业借鉴：当前铸钢件生产普遍采用单一铝脱氧，存在脱氧不充分或过脱氧风险。研究建议可尝试“硅铁预脱氧+铝终脱氧”的阶梯脱氧方案，既保证脱氧效果，又避免过量铝导致的气孔缺陷。

在夹杂物控制方面，该企业建立了“熔炼-浇注-凝固”全流程防护体系。特别在浇注系统设计中，采用陶瓷过滤器与泡沫陶瓷冒口套组合，将夹杂物缺陷率降至0.3%以下。这对解决变速箱灰铁件常见的夹渣问题具

有启示意义：当前铝脱氧工艺产生的 Al_2O_3 夹杂难以有效上浮，可考虑增设过滤装置或优化浇注系统湍流控制。

温度控制方面，球铁件浇注温度控制在（1370-1390）℃，灰铁件浇注温度控制（1405-1420）℃，铸钢件脚注温度控制（1580-1600）℃的范围比较合理，建议配套激光测温与自动补偿系统，以解决首末箱之间温降过大问题。

质量控制体系方面，该企业实施的“光谱分析+热分析+超声检测”三位一体检测模式颇具特色。其中热分析技术对灰铁件生产尤为重要，可实时预测石墨形态和力学性能。当前多数铸造企业多在浇注后4小时才能获得检测结果，若引入先进热分析技术，可将质量反馈时间缩短至15分钟。

案例启示表明，铸钢件企业应当：第一，建立铝脱氧工艺窗口控制图，明确不同C当量下的最佳铝加入量；第二，开发复合脱氧工艺，降低单一铝脱氧风险；第三，引入过程快速检测技术，实现质量实时调控。这些改进既能保持铸件组织特性，又可借鉴铸钢件精密控制理念，提升铸件的质量稳定性。

结论

本文通过对铸造企业质量管理体系的优化理论和实践研究，提出了一系列具有针对性的优化策略。这些策略对于提高铸造企业质量管理水平、提升产品质量和降低生产成本具有重要作用。在实际应用中，企业应结合自身情况，灵活运用这些策略，不断探索和总结，以实现质量管理体系的持续优化。同时，也希望本文的研究成果能为其他制造业企业的质量管理体系优化提供借鉴和参考。

参考文献

- [1] 三项铸钢件技术规范团体标准8月起施行[J]. 铸造工程, 2021, 45(05): 72.
- [2] 王定军, 铸钢件成型工艺铸型的制造方法. 甘肃省, 兰州兰石集团有限公司铸锻分公司, 2020-12-25.
- [3] 张敬凯, 张健, 单立志, 等. 一种解决小孔径铸钢件内腔成形的工艺方法[J]. 铸造, 2019, 68(09): 1052-1054.
- [4] 陆建忠, 高强度、耐磨损转向节铸钢件. 浙江省, 浙江红马铸造有限公司, 2018-09-11.