

## 球墨铸铁管生产工艺数字化管理应用研究

吴浩 靳国明 朱彬

河南钢铁集团安钢永通球墨铸铁管有限责任公司, 河南 安阳 455133

[摘要]伴随着工业化及信息科技的发展,球墨铸铁管作为一种重要的市政管材以及工业输送管道材料,其生产工艺对于产品的质量和产量以及成本都有着非常大的影响,常规生产模式主要依靠经验和人工监督,存在工艺不稳定、质量难以把控、信息量较少等问题,基于此文全面阐述关于球墨铸铁管工艺生产的数字化管理的重要性以及应用方案,提出了相应的基于数字化技术的产品生产管理系统的设计方案,并针对数字化管理应用方面进行了相关研究,包括在工艺流程的管理优化以及关键制造工序控制、产品溯源等环节的应用情况分析,通过研究得出结论,应用数字化管理方式,可以极大的提高球墨铸铁管生产的产量以及产品的质量稳定水平,同时也能实现精细化、智能化管理,为球墨铸铁管行业的发展提供了技术支持和理论参考。

[关键词]球墨铸铁管; 生产工艺; 数字化管理

DOI: 10.33142/ec.v9i1.18879

中图分类号: TG23

文献标识码: A

### Research on the Application of Digital Management in the Production Process of Ductile Iron Pipes

WU Hao, JIN Guoming, ZHU Bin

Angang Yongtong Ductile Iron Pipe Limited Liability Company, He'nan Iron & Steel Group, Anyang, He'nan, 455133, China

**Abstract:** With the development of industrialization and information technology, ductile iron pipes, as an important municipal pipe and industrial transportation pipeline material, have a significant impact on the quality, output, and cost of products through their production process. The conventional production mode mainly relies on experience and manual supervision, which leads to problems such as unstable processes, difficult quality control, and limited information. Based on this, this article comprehensively elaborates on the importance and application solutions of digital management in the production of ductile iron pipes, proposes a corresponding design scheme for a digital technology-based product production management system, and conducts relevant research on the application of digital management, including the optimization of process management, key manufacturing process control, product traceability, and other aspects. Through research, it has been concluded that the application of digital management methods can greatly improve the production output and product quality stability of ductile iron pipes. At the same time, it can also achieve refined and intelligent management, providing technical support and theoretical reference for the development of the ductile iron pipe industry.

**Keywords:** ductile iron pipe; production process; digital management

### 引言

球墨铸铁管具有高的力学性能、良好的防腐蚀力以及使用寿命较长等特点而被大量使用到城市供水管、工业用输送管以及输气管道等各方面,面对迅速发展的城市建设以及越来越多的基础设施建设的需求,对球墨铸铁管的需求量越来越大,同时对其质量要求也越来越高。但现有的球墨铸铁管的管理模式仍存在着工艺参数依靠人工经验判断、生产工艺信息封闭、各工序间协作不到位等问题,无法达到目前工业制造业要求的精准制造、稳定制造以及智能化管理目标。利用信息化技术、传感器、数据采集以及控制系统等实现对整个生产过程的有效监测、工艺参数优化以及产品追溯等是球墨铸铁管进行工艺管控所急需的技术手段。因此进行球墨铸铁管生产线的基于数字化管理模式的研究工作对球墨铸铁管制造企业来说很有必要性,基于此本文以球墨铸铁管生产工艺流程为基础进行球墨铸铁管数字化管理模式的研究,主要围绕其必要性、数字化管理模式现状分析、管理体系、体系应用等方面进行

阐述,力求为球墨铸铁管制造企业提供一种可以实施的应用方案,进而促进企业的生产能力以及产品质量双提升。

#### 1 球墨铸铁管生产工艺数字化管理的重要性

##### 1.1 提升生产工艺稳定性的必要性

球墨铸铁管生产工艺流程涉及到了熔炼、球化、浇铸、热处理以及检验等多个工序,在生产工艺流程中的每一个工序中工艺参数的变化都将会对最终的产品力学性能指标以及化学成分指标产生较大的影响,以传统的球墨铸铁管生产工艺流程,在对工艺参数做出相应的调节时主要是依靠着工作人员的操作经验来进行判断调整,很难做到精准的把控,从而在不同的生产批次之间存在着一定的区别,使得产品质量的稳定性难以得到保障,降低了产品在市场的综合竞争优势水平。利用数字技术对生产环节进行管控的话,则可以通过实时监控并记录球墨铸铁管生产全流程各个环节上的温度、化学元素含量、冷却速度以及振动情况等一系列参数信息,将各个流程所涉及到的生产工艺参数都能够连续性的记录下来并进行分析,以此来实现在出

现异常波动时就能够提前发出预警信号并且及时做出调整措施来应对,这样一种通过收集并分析数据对生产工艺参数做出合理调控的方式,能够在很大程度上提升球墨铸铁管生产工艺的稳定程度,并且降低由于生产工艺不稳定所造成的不良品以及返修数量,为工厂降低成本与扩大产量提供支持依据。

### 1.2 保障产品质量一致性的现实需求

球墨铸铁管是输水承压管道,产品的一致性直接影响供水管网的安全使用寿命,在传统制造方式中,由于生产工艺参数不稳定、生产设备运行情况不同、人为因素等因素的影响,会导致所生产的球墨铸铁管材料力学性能、球化率、外观质量等方面会有差别,存在部分球墨铸铁管会在后期使用过程中出现脆裂或者不合格问题的情况。数字化工厂通过对关键工序以及主要参数进行实时监测并结合数据分析与模型计算来实现对整个生产过程的有效把控,使得每次生产的球墨管材都满足设计强度及质量要求,同时工厂的数字化管理系统会对所有历史生产信息都进行记录并且可以进行查询追溯,为质量问题提供证据支持,保证了产品的稳定性和质量追踪,从而更好的给供水管道工程提供安全保障。

### 1.3 促进生产效率与资源利用率提升

在球墨铸铁管的制造过程中,生产效率与资源利用率又是企业的盈利指标,传统的手工操作、凭经验的方法往往会导致原材料浪费、设备空转、停产等现象的发生,造成电能、原材料、人力的低效利用。数字管理通过对生产装置的工况、工艺参数及物料走向实施在线监控,合理排布工艺环节和设备启动顺序,使各工序协调衔接;通过分析找出制约工序的瓶颈及浪费环节,采取措施加以改善。可大大提高企业的生产效率和资源利用率,降低企业生产成本、增加经济效益。

### 1.4 推动精细化与智能化管理水平提升

伴随着工业自动化、智能制造的兴起,传统的经验管理模式已经不能适应企业管理中对精细化及智慧化的生产管理的要求。球墨铸铁管生产流程较为复杂,工序繁多,如果没有有效的数据管理及智慧化的决策方法,企业的管理水平很难再上一个新的台阶。而数字化管理以工艺参数的统一收集,生产信息的智能化分析,过程控制自动化处理的方式,做到对企业生产管理的精细化与决策智慧化。并且可以采用智能化算法及优化模型等手段对企业生产工艺进行实时更新和预估,在管理上做到提前预警、及时反馈。数字化管理简化了生产流程,同时也给企业的智能制造体系提供了技术支持。为企业实现高效的、准确的及智慧的转型升级奠定坚实的基础。

## 2 球墨铸铁管生产工艺数字化管理现状

球墨铸铁管生产工艺的数据化管理在国内外都有一定的应用,但是发展层次参差不齐。传统的生产方式,依

靠人力完成操作及判断,针对其熔炼、球化、浇注、热处理等重点工艺参数控制粗糙,工艺参数信息主要采取纸质或者简单的 Excel 表保存形式,形成信息孤岛。工艺参数分析决策多依靠经验,缺少有效的定量依据;生产设备状态、能耗情况及材料流动无实时监测,生产节奏及资源利用率无法达到最优。信息技术水平较高的单位部分工序采取传感器采集数据、自动控制系统进行自动化调节的方式,但是往往是单独使用,在整个生产流程中未能融合贯通以及跨工序之间的数据交互,制约着数字化管理的效果。国外个别公司数字化管理较为完善,通过 MES 制造执行系统、工业互联网、数据处理平台等方式对生产工艺实时调整、产品质量追溯溯源以及生产设备智能保养,生产节拍快、产品质量稳定。国内大多企业还是停留在初始发展阶段,普遍存在采集工艺参数不全面、系统兼容性差、人员技术水平不高问题。总的来说,目前生产工艺的数据化管理系统虽然存在,但是其标准不一、各自独立、数据利用效率低等问题,需要从整体上进行系统的设计与技术上的深度融合以提高管理水平,使其符合生产效率、产品质量的要求。

## 3 球墨铸铁管生产工艺数字化管理体系设计

### 3.1 数字化管理的总体目标与设计原则

球墨铸铁管生产工艺数字化管理系统的设计应该以提高生产效率、保障产品质量稳定性、达到精细化管理为目标,同时也需考虑节省资源、节约能源、智能决策等问题,在总的原则上不仅仅是要做到对生产工艺各阶段参数进行及时检测和自动调控,更要包含生产排程、质量跟踪、设备保养与维护、相关信息的汇总与分析等各个方面的内容,从而使得整个生产工艺全过程都能在数字化管理系统中有序、协调的运转起来,在设计准则上应当满足全面性、可扩展性和实用性相结合的标准,即管理系统的设计要囊括由原材料放入到成品产出所有工艺流程,还要方便以后增加新功能,升级改造技术,更需要管理者还有操作工人们可以便捷的操作,查看。而且管理系统设计也要注意规范化和通用性,以便于各类传感器、信息平台、分析程序的接入使用,同时还能确保信息的安全有效,为企业后期走向数字化管理做准备。基于此目标及设计准则的清晰定义,数字化管理系统能为企业球墨铸铁管的生产提供持续、精确且可改进的管理方式,从而促进生产效率、产品质量、消耗水平的全面提升。

### 3.2 生产工艺数字化管理系统总体架构

球墨铸铁管生产流程数字化管理平台整体架构主要分为感知层、数据层、控制层、应用层四大块。感知层主要是由安装在熔炼炉、球化炉、浇注系统、热处理装置以及在线检测设备上的传感器对温度、成分、压力、振动、设备运行情况等参数进行实时监控收集,达到全流程无死角基础数据的收集目的。数据层则是利用工业互联网与数

据库对所获取的各项数据进行集中存储、格式转换与分析来保障数据的完整性、准确度以及可追溯性。控制层就是依据采集的数据、预置工艺模板进行实时的生产参数调整以及生产顺序协调,以此达到各道工序工艺稳定性以及产品合格率的要求。应用层是生产计划安排、产品质量管理、能源消耗统计、生产设备运维以及数据分析可视化的子系统,操作人员可以通过页面及时查看生产状况、了解生产性能并作出合理判断。整体框架的设计既满足了现场数据及时与精确的需求同时又能提供智能分析与决策支持,为公司搭建起一套完整的、有效的并且能持续发展的生产流程数字化管理系统提供技术支持。

### 3.3 生产过程数字化控制与协同管理

生产过程数字化管控及协同是数字化工厂的核心所在,它的主要目的是实现在工序之间高效的衔接以及精准的生产过程参数控制,在球墨铸铁管生产工艺流程里,熔炼、球化、浇注、热处理等每个工序都是息息相关,一个步骤的参数变化都会造成整个产品品质的变化,而利用生产过程数字化管理系统可对各个工段的主要参数进行收集、处理以及实时传送到控制器上,完成自控调节以及闭环控制,以此来降低人为因素的影响和工艺上的波动程度。此外,协同控制功能则是将生产的整个流程的排程、物料的运动轨迹、设备的运转状况以及各道工序之间的衔接进行统筹安排,让每一个工序间都能够配合默契进行生产作业,不再出现设备抢修或者空闲等待的情况发生,提高了设备利用率。并且协同控制模块能够满足公司内部各部门以及不同职位的人员权限划分以及资源共享,使得管理者能够从宏观的角度了解到整个球墨铸铁管生产工艺流程,达到精细排产以及合理决策的目的。企业在采用生产过程数字化控制协同后,既可以做到品质上的稳定,又能够在面对市场的及时需求时以最快的速度做出反应以及最大程度上的利用生产设备,为企业向智能化工厂转型奠定良好基础。

## 4 球墨铸铁管生产工艺数字化管理的应用

### 4.1 生产工艺流程数字化管理应用

球墨铸铁管生产工艺的复杂性使得生产的产量质量高度取决于各个环节的联动控制,在球墨铸铁管数字化管理系统中构建了全生产过程的数据采集和控制系统,把球铁原料的熔炼,球化孕育、浇注成型、热处理以及检验等各个工序环节的相关参数进行及时地收集和统计分析,进而建立起生产工艺流程的数据化模型<sup>[1]</sup>,通过对球铁生产工艺的全流程数字化管理既可对生产流程环节进行展示,让管理者直观把握到生产状况,又可以对流程中的重要工序点设置告警以及进行合理调节,以避免产生不必要的波动,以数据指导流程管控,企业在保障产品品质的基础上能取得稳定的生产节奏和充分利用各项生产要素,还能为企业后期进行智能化管理和决策提供了全部的信息支撑,

使得整个生产运营管理更为精确严谨有序。

### 4.2 关键工序与工艺参数数字化控制应用

球墨铸铁管的重要流程环节如熔炼炉温度、球化处理、浇注冷却以及热处理工艺对其成品力学性能、化学成分影响重大。数字化系统通过对于生产过程中重要环节的参数在线检测与即时调整,在线调控生产工艺参数<sup>[2]</sup>。使用感知设备监测收集熔炼炉炉温值以及化学元素组成含量、冷却速率这些数值信息,根据所建控制器模型对生产工艺参数进行闭环调控,从而减少了人工失误和工艺偏差的可能性,提升产品的合格率和品质稳定性。同时基于对生产过程中重要工艺节点参数指标数据的长期统计积累分析,企业可以调整生产工艺配方、优化技术规程、制定合理的产品技术要求,为企业生产不断改良提供数据支持,使得对重要工艺节点的数字化管控成为企业生产稳定可靠以及产品优良质量的重要保障。

### 4.3 质量信息数字化管理与追溯应用

质量信息的数据化管控与追溯,是球墨铸铁管生产品质数据化的重点内容,更是企业产品安全和用户信赖的生命线,通过构建从原材料到生产过程再到成品检测的数据化系统,可以即时监控每一单批产品的生产工艺参数、检测数据以及机器状况等,并做到原材料入库到成品出库全过程的质量倒查,品质数据库可以及时对异常数值进行查找并解析,有助于对产品质量问题进行诊断,同时可对工艺参数指标进行适当修正调节。球墨铸铁管质量倒查机制既可用于企业内部的质量控制和改善,又可以为用户提供可靠的产品信息,提升企业的市场综合竞争力<sup>[3]</sup>。运用信息化的质量管控与追溯手段,使企业管理实现品质管理精益化、信息化、智能化,为企业球墨铸铁管生产品质持续健康的发展保驾护航。

## 5 结语

本文对球墨铸铁管的生产工艺数字化管理系统的重要性及其现状进行了系统的阐述,在此基础上提出了生产工艺流程数字化管理系统的设计以及实际的应用情况,表明数字化管理系统有助于提高生产工艺稳定性及保证产品的一致性、提高生产效率及促进管理精益化、智能化水平提升,通过完善生产工艺流程数字化管理系统有利于企业实现重点工艺环节精准把控、生产工艺可视化、产品质量信息可查询等,为企业进行生产过程提供参考依据,增强企业的实力。以后,随着信息技术和智能制造技术进一步的发展,生产工艺流程数字化管理系统会融合人工智能技术、工业互联网以及大数据分析等相关技术,实现生产的全流程智能化的管理和自主决策,为球墨铸铁管行业高质、高效且持续的发展起到强有力的作用。

### [参考文献]

[1]李志新,张士恒,王欢,等.工艺参数对球墨铸铁管壁厚均匀性的影响[J].钢铁研究学报,2026,38(1):76-88.

[2]林雪川,梅燕娜,要晓瑞.球墨铸铁管壁厚均匀性工艺设备技术研究[J].中国铸造装备与技术,2023,58(5):92-96.

[3]李楚虎,严小玲.球墨铸铁管施工方案[J].建筑设计及理论,2019,20(9):15-25.

作者简介:吴浩(1994.6—),毕业院校:周口师范学院,所学专业:市场营销,当前就职单位:河南钢铁永通球墨铸铁管公司,职务:铸管二车间中频炉工段长,职称级别:

助理工程师;靳国明(1991.4—),毕业院校:焦作大学,所学专业:工商管理,当前就职单位:安钢永通公司,职务:铸管二车间总值班长,职称级别:助理工程师;朱彬(1991.7—),毕业院校:郑州工业应用技术学院,所学专业:计算机应用技术,当前就职单位:河南钢铁永通球墨铸铁管公司,职务:铸管二车间离心机丁班班组长,职称级别:助理工程师。