

球墨铸铁管生产工艺及质量控制研究

朱彬 吴浩 靳国明

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]球墨铸铁管由于强度大、塑性优以及较强的抗腐能力, 被广泛应用在给排水领域、城市燃气供给、工业用管道等方面, 我国目前对于球墨铸铁管已经实现了工业化生产, 但是却存在着原材料差异, 球化程度低, 铸造缺陷以及质量检验方式落伍等一系列因素制约着产品质量及使用寿命的问题, 文中通过对球墨铸铁管的生产工艺及质量控制进行研究, 提出生产工艺与质量管理办法, 以求改善球墨铸铁管的质量, 并对其尺寸准确度以及使用寿命做出保障, 为企业提高生产效率、节约成本提供借鉴, 也为本行业的技术创新和制定标准提供参考。

[关键词]球墨铸铁管; 生产工艺; 质量控制

DOI: 10.33142/ucp.v3i1.19232

中图分类号: TG255

文献标识码: A

Research on Production Process and Quality Control of Ductile Iron Pipe

ZHU Bin, WU Hao, JIN Guoming

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

Abstract: Ductile iron pipes are widely used in the fields of water supply and drainage, urban gas supply, industrial pipelines, etc. due to their high strength, excellent plasticity, and strong corrosion resistance. Currently, China has achieved industrial production of ductile iron pipes, but there are still a series of factors that restrict product quality and service life, such as raw material differences, low degree of spheroidization, casting defects, and outdated quality inspection methods. This article studies the production process and quality control of ductile iron pipes, proposes production processes and quality management methods, in order to improve the quality of ductile iron pipes, ensure their size accuracy and service life, and provide reference for enterprises to improve production efficiency and save costs, so as to provide reference for technological innovation and standard setting in this industry.

Keywords: ductile iron pipe; production process; quality control

引言

随着城市建设基础建设以及工业管廊的需求越来越大, 球墨铸铁凭借其较高的强度、较好的延展性、抗腐蚀性强以及在长期应用过程中的稳定性能, 越来越多地被应用于城市给排水、输煤气及工业管道等领域当中。球墨铸铁管优良的性能来自于其合理的设计制造工艺以及严格的品质管控, 在实际生产中, 因原材料不同、球墨化反应、铸造工艺参数及检测过程控制不合理等原因导致力学性能差、内部缺陷、尺寸偏差等问题依然存在, 进而导致管材使用寿命短和安全性低等问题。因此, 对球墨铸铁管的生产流程进行系统的研究, 并与质量控制手段相结合来对其进行优化改进, 不仅可以提高产品的质量和生产水平, 对于行业发展和持续发展也有重要的借鉴意义。文章通过对球墨铸铁的原材料选择、球化和孕育反应、铸造和热处理工艺以及外壁和内壁的处理四个主要方面入手, 着重对生产过程中可能存在的质量问题以及控制方式进行了分析, 并给出相应的工艺改进方案和质量改进策略, 从而可以为企业如何改善产品质量的一致性、可靠性和经济性提供一些借鉴, 也可以为行业的技术创新和规范标准制定提供一定的理论依据。

1 球墨铸铁管生产工艺的特点

球墨铸铁管生产对原料有较高要求并且工艺体系完整来保障机械性能以及应用的安全性, 首先原材料必须是高纯度的球墨铸造专用铁水, 其中磷, 硫, 钛等各种微量元素必须很低, 才能达到产品本身的纯净程度以及优良的强韧性。最主要的核心工艺就是球化跟孕育工艺, 通过向铁水中添加镁, 稀土球化剂让内部的石墨以球状的形式析出从而大幅提升了产品的强度跟韧性, 在添加硅铁孕育剂让更多的石墨形成避免白口现象的发生。在铸管的过程中大多采取水冷式金属型离心铸造的方法, 能保证铸件壁厚均匀, 结晶致密, 在控温跟浇铸速度也有严格的把控, 以防出现疏松气泡等各种缺陷。铸件完成后一般还要进行退火或者是正火热处理来稳定组织, 释放内应, 并使抗拉跟伸长更加完美, 在管材外部以及内壁要进行多次的防腐跟衬里处理, 外部镀锌或是刷漆, 内壁衬水泥砂浆, 使其具备更好的抗腐性, 提高安全性并减少水头损失。

2 球墨铸铁管质量控制

2.1 原材料质量控制

球墨铸铁管的制造品质很大程度上依赖于原材料品质及其稳定性, 因此严格把控原材料质量是对产品性能保

证的前提条件。首先,原材料中的生铁、球化剂、合金元素和废钢等化学成分必须要满足相应规定,并且它们中某些元素含量的变化会对球墨铸铁的球化程度、石墨形状还有最后的机械性能都造成很大的影响。其次,对于原材料的一些理化指标如颗粒尺寸、密度、含水率以及所带杂质多少都会对熔炼铸造造成一定的影响。如果把控不到位的话会导致铸造的产品产生气孔、夹杂还有组织缺陷等问题。此外公司应当制定出一套关于原材料供应商评定机制和进厂检查制度,对企业采购原材料的供应商所提供的原材料进行批次检查,对其进行相应的化学分析、物理性能检测和样料试验,从而保证每次购买的原材料都能满足生产需求^[1]。另外还要注意对原材料储存运输的过程加以管控,避免受潮、氧化或者受到污染,使原材料能够稳定地进入到企业的生产的前期过程中去。

2.2 铸造过程质量控制

铸造工序对球墨铸铁管后期性能及质量起着决定性作用,须加强工序过程管理。首先,在冶炼过程中要注重铁液的温度、成分以及球化均匀程度,温度过高或者过低,球化剂量过多或太少都会造成球化不良,石墨漂浮或者珠光体组织分布不均等情况的发生,从而降低钢管的机械强度以及其耐蚀能力。其次对于浇注时要注意浇注温度、速度、时间等参数。防止铸造过程中出现气孔、缩孔、夹渣等问题,还要注意铸件充型要饱满、均匀一致。保证铸管壁厚以及外形尺寸一致性。最后就是铸造过程中冷却、凝固时要及时管控好降温速率以及周围环境状况,防止由于冷却速率不均使铸管内存在应力集聚和微裂纹的情况。同时在铸造工序中也需要有相应的在线监控装置和质量检验方法。对各工序的主要工艺参数进行记录跟踪,出现异常情况能够即时进行调整,对整个生产工艺做到规范化管理,可操控。

2.3 机械性能检测

球墨铸铁管的力学性能是评价球墨铸铁管质量及应用可靠性的关键指标,主要有抗拉强度、屈服强度、伸长率、硬度和冲击韧度等。要使管道能够经受长期的内外载荷作用,厂家需要建立健全力学性能检验制度,在球墨铸铁管检测时,首先要将管材样品依照规定大小制成,以保证实验的代表性与再现性,再对其进行拉伸试验、弯曲试验、硬度测量及冲击试验等方法对球墨铸铁管的力学性质加以检验,尽早察觉由于化学元素含量异常、石墨球化处理不当和铸件瑕疵所造成的强度降低或者脆性增强现象。并对试验结果进行整理归纳,了解产品的性能波动情况及不同批次间的差异程度,对照国标或工程需求判定出产品能否应用于实际当中。

2.4 尺寸精度与外观质量控制

球墨铸铁管的产品尺寸精度、外观质量影响着管道安装的协调程度及长期运行的安全程度,所以必须加以严格

的把控,在产品的生产流程之中首先要制定出严格的产品尺寸公差、外观质量指标要求,例如:管径、壁厚尺寸范围值;管长、管头平直度、表面粗糙程度等。保证了管子在运输、安装及后期使用的过程当中可以紧密衔接而不降低其密封效果。其次要对生产过程当中的每一个环节进行监督检验,在线检测、抽样验证及全体检测相结合的方法来检验管子的各个几何尺寸是否符合标准,一旦发生偏差可以立刻调整生产条件,杜绝成批产品出现不符合尺寸的情况。对于其外观品质要全面地观察铸件的表面是否存在开裂、气泡孔洞、缩孔、塌陷、砂粒眼等问题,仔细查看氧化皮层等,既要通过肉眼观察也要借助检测设备来保证产品的表面平整光亮,无瑕疵点存在。并且将尺寸检测情况同生产工艺相对应起来,形成一个闭环式管理模式,让检测的数据能够回馈到铸造、冷却、表面处理等道工序当中去,达到全程监控产品尺寸与外观效果的目的。

2.5 无损检测技术与应用

无损探伤技术在球墨铸铁管质量管控中发挥着巨大作用,可以在不损坏管子的基础上对其内部缺陷以及结构完整度做出判断,增加管子的安全系数及可靠性。常见的无损探伤方式有超声波探伤、射线探伤、磁粉探伤以及涡流探伤等,超声波探伤可以探知内部的气孔、夹杂、裂纹等情况,射线探伤可以直接显示铸件内部致密程度及缺陷状况,磁粉探伤和涡流探伤则适合用来辨别其表面或近表面缺陷,在生产过程中需根据不同直径规格管子所出现的不同种类缺陷以及不同的制作工艺来选取适宜的方式,并制定出一系列规范的程序和步骤,保证每次检测的结果客观有效且准确一致,同时要运用信息化的管理方式,将每一次出现的不同类型的缺陷以及位置和大小详细地记录在册并且加以汇总分析并第一时间反映到生产工序当中,为铁水熔炼、球化处理、浇注成型提供参考。

2.6 质量问题分析与防控措施

球墨铸铁管在制造的过程中也会出现一系列的质量问题,虽然企业在生产过程中也采用了一系列质量管理措施,但是还是存在例如力学性能不合格、内部孔洞异物、形位误差、外壁瑕疵、石墨化不足等现象的发生,这些问题主要是由于原材料波动、球化反应不佳、浇筑成型参数把控失误、冷却速率与热处理温度不均衡、检测方式不准确等原因引发^[2],针对于此,企业应该对质量问题实行全方位立体预防机制,从原材料开始到成品出厂三个部分着手防范:原材料方面,要构建起完善的供应商评级机制和入库检验流程,使得原材料元素组成和理化性能相对稳定;在加工阶段方面,要严格控制熔解温度、球化剂添加量、浇筑流速和冷却条件等,使管材内部结构均匀分布,缺陷率降低;在检测与后续处理方面要充分发挥机械强度试验、尺寸测量检验以及无损探测方法的优势把不良信息反馈给生产企业形成闭环管控。

3 球墨铸铁管生产工艺优化研究

3.1 工艺参数优化

球墨铸铁管产品的质量优劣及性能高低很大程度上取决于生产工艺参数的合理设定以及精准控制,所以对主要工艺参数进行优化就是提高球墨管产品质量和产量的重要途径。在铸造工艺流程中,熔炼温度、球化剂添加量、搅拌速率、浇注温度、冷却速率等都直接影响着管体内部结构以及其力学性能和尺寸精度,通过对于历次生产记录和试验数据的研究来找出各个工艺参数同管体性能间的定量联系,在此基础上针对不同的型号及不同原材料批次制定最佳加工工艺;如过高的熔炼温度会导致碳化物析出减少延展度,而过低的熔炼温度又会造成球化反应不完全,降低了产品的强度和硬度;过量或者不足的球化剂添加都会导致产品内部石墨组织不均匀甚至产生夹杂物,因此企业在生产时应该通过工艺测试、数据分析以及工艺模拟等一系列的方式方法合理设定每一步工艺参数的值域区间,制定出一套标准的生产步骤程序,并建立一套动态控制系统,用于实时监控熔炼、球化、浇注、冷却等重要工序并及时做出响应调节,以此来保障球墨铸铁管的质量稳定性和产品的一致性。

3.2 节能减排与环境控制

球墨铸铁管生产过程中能耗高、材料损耗率较高、排放严重等问题越来越引起行业与社会重视,所以降耗减排与环境保护逐渐成为生产工艺改进的趋势。公司应该从熔炼工序、浇铸、冷却、热处理以及各种辅机运作等方面入手进行生产工艺改造、设备更新、能量利用等方面综合节能。如熔炼过程中使用节能型炉子或者制定合理的用燃料计划从而节约热能损失;浇铸与冷却的过程中对管子的流量加以调整,改变冷却介质和冷却的时间,在不影响铸球墨铸铁管质量的同时降低能耗^[3]。此外要加大对废烟气、废渣、废水等的回收、处理及再利用力度,减轻环境污染程度,做到绿色生产。环境保护还包括减少噪音污染、除尘以及有害物质的排放检测,使球墨铸铁管的生产符合国家规定的环保要求,符合行业规定。

3.3 自动化与信息化应用

伴随着智能制造及信息技术的进步,自动化以及信息化应用于球墨铸铁管生产工艺中是提高效率、保障质量和节约成本的有效措施之一。自动化控制系统的投入使用使得企业能够对熔炼温度,球化剂加入量,浇注速度,冷却速度等重要工艺控制点进行严格把控,避免因工人操作不当造成的偏差,增加了生产的稳定性和产品的一致性,提高了合格率。与此同时信息技术的应用可使生产中的各项数据得到实时记录保存和分析,对于整个熔炼、铸造、热处理、检验过程进行跟踪监督,质量检验的结果、生产设备的状态、能耗数据与工艺参数相互对应联系,为企业改进工艺提供了参考。同时自动化设备的应用也降低了工人的劳动负担、改善了工作环境、提高了安全性,减少了事

故发生的风险,信息化系统直观方便利于管理者全面迅速了解生产线情况,发现问题并作出决定。

3.4 生产效率与成本控制

球墨铸铁管生产企业经济效益的最大化离不开提升效率以及控制成本。生产效率除了依靠生产工艺参数的设定与自动化设备的应用以外也依靠合理安排生产计划、分配资源和组织生产过程中的中断和浪费。例如,在生产过程中的排程优化和工序衔接上减少因熔炼、浇注、冷却等生产过程中造成的停滞时间,加快产品的生产周期并使产品质量保持稳定。在降低成本方面,主要包括原材料的成本、能源消耗成本及人力成本和废品损耗成本。其中,原材料方面可以通过对供应商进行考核以及采购策略上的调整以压缩采购价格并保障原材料的质量;能耗方面主要是通过节能生产设备的应用和生产工艺技术的改善来减少燃料消耗、用电量;而在生产中降低废品率和设备利用率的提高从而达到节省原材料和维修费用的目的^[4]。此外要建立成本分析反馈制度,把生产数据、工艺参数信息以及成本数据联系起来为管理者提供决策支持,促进效率的提升和成本的控制。

4 结语

球墨铸铁管品质及寿命取决于其生产制造技术与质量管控措施,通过对原材料选用、球化孕育工艺、铸造工艺和检验方法的改进以及自动化、信息化管理的应用等能显著改善管件的机械强度、规格精度以及耐久性 etc 属性,另外强化生产管理、加大质量检查力度,有利于节约管材生产成本、增加产量,并为公司增强自身核心竞争能力、促进行业健康发展提供必要条件。

[参考文献]

- [1]张国策,周占良,尤庆伟,等.离心球墨铸铁管退火工艺研究[C].山西:山西新光华铸管有限公司,2024.
 - [2]王洪礼,成龙.球墨铸铁管断后伸长率不合格原因分析[J].大型铸锻件,2018,10(5):42-54.
 - [3]刘静,王道群,王嵩.球墨铸铁管系统内部腐蚀防护标准演进分析[J].冶金标准化与质量,2024,62(4):45-60.
 - [4]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.
- 作者简介: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,当前工作单位: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;吴浩(1994.6—),毕业院校:周口师范学院,所学专业:市场营销,当前工作单位:河南钢铁永通球墨铸铁管公司,职务:铸管二车间值班长;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,当前工作单位: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。