

铝合金轮毂热处理的质量控制研究

王思敏

浙江宝驰工贸有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11705

[摘要] 铝合金轮毂热处理的质量控制对于产业发展意义重大。当下存在诸多难点,如工艺参数难以精确把控、原材料质量出现波动、设备老化且维护困难、人员技能欠缺等。故而提出优化策略:构建智能化的工艺参数调控体系以保障精准热处理;强化原材料的标准化管控以稳定源头质量;革新设备维护与更新机制以确保生产的高效性;营造人才培养生态以注入发展动力,从而实现轮毂热处理质量的大幅提升,助推产业的高质量发展。

[关键词] 铝合金轮毂; 轮毂热处理; 质量控制

中图分类号: TS912+.3 **文献标识码:** A

Research on Quality Control of Heat Treatment for Aluminum Alloy Wheel Hubs

Simin Wang

Zhejiang Baochi IndustryTrade Co., Ltd.

[Abstract] Quality control of heat treatment for aluminum alloy wheels is crucial for industrial development. Currently, we are facing many difficulties such as difficulty in accurately controlling process parameters, fluctuations in raw material quality, difficulty in maintaining equipment aging, and insufficient personnel skills. To this end, optimization strategies are proposed: constructing an intelligent process parameter control system to ensure precise heat treatment; Strengthen the standardization and control of raw materials to stabilize the quality at the source; Innovate equipment maintenance and update mechanisms to ensure efficient production; Creating a talent cultivation ecosystem to inject development momentum, in order to achieve a leap in the quality of wheel hub heat treatment and support the high-quality development of the industry.

[Key words] aluminum alloy wheels; Wheel hub heat treatment; Quality Control

引言

当今汽车工业蓬勃发展的态势下,铝合金轮毂因具备质轻、散热良好、美观等众多优势,已成为现代汽车轮毂的主流之选。热处理作为铝合金轮毂制造流程中的关键一环,对轮毂的机械性能、抗疲劳强度以及使用寿命起着直接决定作用,乃是保障轮毂质量的核心所在。然而,当前国内铝合金轮毂热处理的质量呈现出参差不齐之态,这不但对企业竞争力形成制约,更给行车安全带来隐患。有鉴于此,深入推进铝合金轮毂热处理的质量控制研究已极为紧迫。本论文致力于剖析热处理工艺,探寻质量控制要素,以期提升轮毂质量以及推动产业升级提供理论支撑与实践引导。

1 铝合金轮毂热处理质量控制的重要性

1.1 保障轮毂机械性能达标

铝合金轮毂于汽车行驶进程中需承受诸般复杂外力,诸如车辆自重、行驶加速、制动以及路面颠簸冲击等。若轮毂未经适宜热处理,或者其质量处于失控状态,那么其内部组织结构将

会呈现紊乱之态,无法为机械性能奠定坚实基础。借由精确把控热处理的温度、时间以及冷却速率等参数,能够促使铝合金形成理想的金相组织。例如,处于合适的固溶处理温度区间时,合金元素得以充分溶解,而后续的时效处理又可使强化相均匀析出,从而极大程度提升轮毂的抗拉强度与屈服强度,令其能够有效应对日常以及极端工况下的负载。在优质热处理质量控制之下的轮毂,其硬度分布均匀,耐磨性亦得到增强,可有效减少因摩擦所导致的尺寸偏差,保证与轮胎配合的精度,维持车辆的稳定行驶,规避因轮毂机械性能存在缺陷而引发爆胎、轮毂断裂等对行车安全构成严重威胁的后果^[1]。

1.2 提升轮毂抗疲劳特性

汽车行驶时轮毂始终处在循环受力状态,每一次转动皆为一次应力加载卸载过程,而热处理质量与轮毂的抗疲劳能力直接相关联。精确地调控热处理工艺,能够消除铝合金在铸造成型阶段所产生的残余应力,防止应力集中点成为疲劳裂纹源。当热处理致使晶粒细化、晶界增多,进而使裂纹扩展路径受到阻碍时,

轮毂的抗疲劳寿命便会显著延长。以高速行驶工况作参照,经高质量热处理的轮毂能够承受长时间且高频次的应力交变,可对微裂纹的萌生与成长予以抑制,从而维持结构的完整性^[2]。于车辆的长期使用进程之中,这代表着维护频次的减少、更换成本的降低,能够保障汽车全生命周期内轮毂的可靠运行,为驾乘人员持续构筑安全的出行环境。

1.3 优化轮毂耐腐蚀性表现

铝合金固然自身具有一定的耐蚀性,然而轮毂所处的使用环境颇为恶劣,需要承受雨水的冲刷、道路盐分的侵蚀、潮湿空气的腐蚀等多重磨难。在热处理质量控制的环节里,表面处理工艺极为关键。通过对诸如阳极氧化等工序参数的严格把控,能够在轮毂表面构建起致密、稳定且厚度均匀的氧化膜。这层保护膜恰似铠甲,将外界腐蚀性介质与铝合金基体隔离开来,减缓了电化学腐蚀的进程。经过优质热处理后的轮毂,即使在盐分较高的沿海地区道路行驶多年,依然能够保持外观的光洁以及结构的稳固,而不会出现点蚀、剥落等腐蚀劣化的迹象。对于企业经济效益与品牌塑造而言,高品质耐腐蚀轮毂具有重要意义。

1.4 助力企业经济效益与品牌塑造

在生产方面,稳定且高质量的热处理质量控制能够带来更高的成品率,同时降低废品返工成本。精准的工艺执行可避免因质量问题而导致的批次报废,进而节省大量的原材料、能源以及人力投入。从供应链的层面来看,按时交付高质量的轮毂有利于巩固与车企的合作关系,从而争取到更多订单,以实现规模效益。当长期稳定的优质产品进入市场后,会在消费者层面树立起可靠耐用的品牌口碑。车主拥有良好的使用体验,车辆的二手残值也会较高,品牌形象通过口口相传以及市场反馈得以持续强化。

2 铝合金轮毂热处理质量控制难点剖析

2.1 关于复杂工艺参数的精准把控

铝合金轮毂热处理包含固溶处理、时效处理等多种工艺,每个环节皆具众多且相互关联的工艺参数,可谓牵一发而动全身。其中,温度这一关键参数,不同的铝合金材质对应着极为精确的固溶温度区间,偏差极小,过高会造成合金元素过烧,过低则无法达成充分溶解,致使强化相生成受阻,对轮毂的最终性能产生严重影响。以常见的6061铝合金为例,其固溶温度窗口仅在530℃至540℃之间,现场温控设备即便仅有±2℃的波动,都有可能产品质量出现波动。时间参数亦颇为棘手,固溶时间过长会致使晶粒粗大,力学性能恶化,时效时间不足则会致使强化效果大打折扣^[3]。冷却速率更是颇有讲究,过快容易产生热应力而导致裂纹出现,过慢则无法形成理想组织。并且在实际生产中,炉内温度场并非绝对均匀,不同部位轮毂受热的差异需进行动态补偿调整,不然同一批次轮毂的质量会参差不齐,这些都致使复杂工艺参数的精准同步调控成为热处理质量控制的一大难点。

2.2 原材料质量波动的应对

铝合金原材料来源广泛,不同供应商的产品在成分、杂质含

量方面存在天然差异。即便符合基本的行业标准,细微的成分波动亦会给热处理带来不确定性。以镁、硅等主要合金元素为例,其含量若偏离最佳配比,便会改变合金相图,致使热处理时相转变的温度以及时间节点出现错乱。而杂质元素如铁、铜,只要含量稍高就容易在晶界处偏聚,形成脆性相,进而降低轮毂的韧性,且在热处理过程中还会诱发局部出现异常组织转变。另外,原材料的原始组织结构状态,像是铸态晶粒的大小以及疏松程度等,会对热量传递以及原子扩散速率形成干扰,从而对热处理效果产生影响。在当前生产节奏如此紧凑的情况下,企业很难对每批次原材料都进行深度的预检验与处理,通常都是在热处理出现质量问题之后才去溯源,而在此期间已然造成了大量资源的浪费,怎样于源头及前期流程中有效缓冲原材料质量的波动,乃是保障热处理质量稳定所面临的持续挑战。

2.3 设备老化与维护困境

热处理设备长期处于高温、高压、强腐蚀性的环境之中,炉体的耐火材料逐渐遭到损耗,其保温性能逐年降低,进而导致热量散失不均匀,炉内温度梯度增大,直接对轮毂受热的一致性造成影响。加热元件的老化,会使发热功率不稳定,或者出现局部失效的情况,进而导致温度控制失灵,致使产品出现欠热、过热等缺陷。循环冷却系统的管道结垢以及泵阀磨损,会使冷却速率失去控制,增大出现裂纹的风险^[4]。同时,大量随设备附带的诸如热电偶、压力表等仪表传感器,在长期使用过程中其精度会发生漂移,所反馈的数据会出现失真情况,而操作人员却难以对此及时进行察觉,依然依据错误数据对工艺进行调控,致使质量失控风险愈发严重。企业虽然明白设备维护的重要性,然而停产检修所需成本极高,设备更新所需要的资金投入巨大,只能在带病运行与停产维护之间艰难地进行权衡,设备问题由此成为了严重制约热处理质量提升的一个顽固阻碍。

2.4 人员技能传承与提升瓶颈

热处理属于技术密集型工序,对于操作人员的要求是需精通金属学、热处理原理以及设备操作等诸多领域的知识。经验丰富的老师傅依靠多年的实践摸索,能够敏锐地察觉到工艺的异常并进行巧妙的调整,但是伴随行业的发展以及人员的更替,技能传承方面出现了断层现象。新入职的员工虽然具备充足的理论知识,然而却缺少实际操作的历练,在面对复杂的工况时往往会毫无办法。并且,行业的技术革新速度较快,新的热处理工艺、智能控制技术不断涌现,像真空热处理、基于大数据的智能温控系统等,而现有人员的知识更新较为缓慢,企业的培训体系又难以做到及时跟进,无法使员工迅速掌握新技术的应用技巧。于质量控制一线而言,人员技能方面存在的短板会直接体现为操作失误的增多以及工艺执行的走样,进而致使产品质量出现波动。那么,怎样才能快速培育出高技能且适应新技术的人才队伍,这便成为了铝合金轮毂热处理质量控制实现突破的关键难点所在。

3 铝合金轮毂热处理质量控制优化策略

3.1 构建智能化工艺参数调控体系

将智能传感网络引入到铝合金轮毂热处理车间之中,让高精度热电偶、热电阻等传感器对炉内关键区域进行全方位覆盖,实时对温度、压力、气氛等参数予以采集,每秒数次的高频数据被传输至中控系统。中控根据大数据算法与预设的理想热处理模型进行对比分析,一旦参数偏离精准区间,就会即刻启动智能调控。借助机器学习技术,系统能够持续对不同批次、不同材质的轮毂在热处理过程中的细微差异进行学习,自动对后续工艺参数进行优化,以适应材料特性的波动,从根源处杜绝因参数失控而导致的质量瑕疵,达成热处理过程的精准化与自动化,推动产品质量稳定性与一致性的提升^[5]。

3.2 强化原材料标准化管控流程

需与优质铝合金供应商构建深度的战略合作关系,依据轮毂性能之需求,携手共同制定出比行业标准更为严苛的原材料成分以及杂质含量规范,以此从源头上确保材料质量基线。引入诸如激光诱导击穿光谱仪等先进的原材料快速检测设备,可在原材料进入工厂的瞬间即完成元素的全面分析,对不合格批次进行筛选,防止问题材料进入到生产线。并且,于企业内部设置原材料预处理环节,针对成分存在微小偏差但仍可利用的材料,借助精准配料调整、均质化处理等工艺,对合金成分偏差予以修正,优化原始组织结构,使之符合既定热处理工艺要求。定期对原材料质量数据以及对应的热处理成品质量进行回溯,探寻潜在的关联规律,动态地优化原材料采购、检验以及预处理流程,以稳定且优质的原材料供应为热处理质量的提升筑牢坚实基础,降低质量风险的前置因素。

3.3 革新设备维护与更新机制

应设立专门独立的热处理设备运维团队,其成员应包括机械、电气、材料等多领域的专家,制定详尽的设备全生命周期维护计划。按照运行时长、工况强度对维护节点进行细分,定期更换炉体耐火材料、清洁冷却系统管道、校准仪表传感器,以做到防患于未然。采用诸如振动分析、红外热成像等设备状态监测技术,可实时对设备潜在故障征兆予以捕捉,能够精准对隐患部位进行定位,进而提前安排具有针对性的维修,以此避免突发停机以及质量事故的发生。针对老旧且故障频发的设备,企业果敢地引入诸如真空炉、感应加热炉等新型节能且高精度的热处理装备,其具备的先进温控以及气氛控制功能,不但可以提升热处理质量,而且能够降低能耗与运维成本,通过设备硬件的升级来推动热处理质量跃上新的台阶,有力确保生产的连

续性与稳定性。

3.4 打造全方位人才培养生态

企业与高校、科研机构联合构建热处理技术培训平台,为员工量身定制包含基础理论、实操技能以及前沿技术追踪的分层课程体系。新员工在入职时首先要经过模拟热处理车间的实训,以熟悉工艺的全流程,积累操作的手感;老员工则需定期参加新技术应用研习班,接触真空热处理、智能控制等前沿知识,从而拓宽技术视野。同时设立内部技术交流论坛,鼓励员工分享经验、探讨难题,以沉淀企业专属的技术知识库。同时,构建技能激励机制,按照员工的技能等级以及创新成果,在薪酬和晋升方面予以倾斜,以此激发员工自我提升的动力,营造出全员追求卓越技能的文化氛围,从而为铝合金轮毂热处理质量控制提供坚实的人才保障,以人才软实力来撬动质量的硬提升。

4 结语

总之,铝合金轮毂热处理质量控制的优化极为紧迫且必要。借由构建智能化工艺参数调控体系,以达成热处理的精准无误;通过强化原材料的标准化管控流程,于源头上把控质量;凭借革新设备维护与更新机制,来保障生产的稳定且高效;经由打造全方位人才培养生态,为其注入持续发展的动力。只有多方面共同发力、协同推进,方可攻克现存的难点,全方位提升铝合金轮毂热处理质量,推动轮毂制造产业踏上高质量发展的全新征程,在激烈的市场竞争中稳固地立足。

[参考文献]

- [1]吴振国.汽车的轻量化铝合金轮毂生产工艺研究[J].装备制造技术,2024,(06):167-170.
- [2]叶晓.液态模锻6061铝合金轮毂的制备及力学性能仿真分析[D].山东交通学院,2024.
- [3]黄少兵,池慧,黄华贵,等.轻质铸造铝合金轮毂热处理变形测试分析[J].精密成形工程,2024,16(02):79-86.
- [4]叶晓,孙跃军,刘杰,等.液态模锻6061铝合金轮毂的力学性能及静态承载能力的Abaqus仿真分析[J].材料研究与应用,2023,17(04):722-727.
- [5]费岩晗.SiC-A1203/2A50复合材料制备及其局部增强铝合金轮毂液态模锻成形[D].哈尔滨工业大学,2023.

作者简介:

王思敏(1992--),女,汉族,浙江永康人,本科,创始人、副总经理,研究方向:轮毂生产与贸易。