

铝合金轮毂制造企业推行精益生产的障碍与对策研究

杨婧雯

三门峡戴卡轮毂制造有限公司 河南 三门峡 472000

摘要:精益生产(Lean Production)作为一种旨在消除浪费、持续改善的先进生产管理模式,为轮毂企业提供了转型升级的有效路径。然而,在实际推行过程中,诸多企业遭遇了理念、技术、人员和体系层面的障碍,导致精益转型效果不佳甚至失败。本文以铝合金轮毂制造为具体研究对象,系统梳理了其在推行精益生产过程中面临的主要障碍,包括高层领导支持不足、员工参与度低、对精益理解片面化、工艺流程复杂性带来的挑战以及信息系统支撑薄弱等问题。在此基础上,结合精益生产的核心原则与轮毂制造的行业特性,针对性地提出了强化顶层设计、构建全员参与文化、深化精益工具应用、优化工艺流程布局以及推进数字化精益融合等对策建议。本研究旨在为铝合金轮毂制造企业成功实施精益生产提供理论参考与实践指导,助力其实现高质量、高效率、低成本可持续发展目标。

关键词:铝合金轮毂;精益生产;推行障碍;对策研究;智能制造

引言

21世纪,全球汽车产业加速向电动化、智能化、轻量化发展,铝合金轮毂作为关键安全部件,市场需求增长,对产品性能、精度等要求也愈发严苛。传统粗放式、经验驱动型生产模式已难以满足竞争需求。精益生产源于日本丰田生产方式,旨在消除浪费,以最少投入创造最大价值,实现柔性、高效、高质量生产,对铝合金轮毂制造业十分适用。但现实中,许多轮毂企业引入精益生产时,或简单应用单一工具,或因短期无成效半途而废,甚至因推行不当引发内部矛盾、降低效率。这源于未能洞察并克服推行中的系统性障碍。因此,剖析其独特障碍并提出对策,有重要理论与现实意义。本文将从行业特性出发,分析成因并构建精益推行策略体系。

1 铝合金轮毂制造的工艺特点与精益契合点

要理解推行精益的障碍,首先需明晰铝合金轮毂制造的固有特性。典型的铝合金轮毂生产工艺流程主要包括:熔炼与精炼、低压/重力铸造、热处理(T6)、机加工(车削、钻孔、铣削等)、涂装(前处理、底漆、色漆、清漆)以及最终检验与包装。这一流程呈现出以下鲜明特点:(1)工序链条长且环环相扣:从原材料到成品,涉及物理、化学、机械加工等多种工艺,任何一个环节的延误或质量问题都会产生连锁反应,影响整体产出。(2)设备投资大,自动化程度不均:熔炼炉、铸造机、大型CNC加工中心、全自动喷涂线等核心设备价值高昂,但部分辅助工序(如人工打磨、目视检验)仍依赖人力,形成自动化孤岛。(3)质量要求极端严苛:轮毂是承载整车重量并承受复杂应力的关键部件,其内部气孔、缩松、裂纹等缺陷直接关乎行车安全,因此对过

程控制和检测标准要求极高。(4)产品型号多,换型频繁:为满足不同车型需求,轮毂企业通常需生产数十甚至上百种规格型号,频繁的模具更换和设备调试对生产的柔性提出了挑战。

这些特点恰恰与精益生产的核心原则高度契合。精益强调的“一个流”(One-Piece Flow)可以缩短轮毂漫长的生产周期;“自働化”(Jidoka)理念能有效防止缺陷品流入下道工序,保障轮毂的安全性;“准时化”(Just-in-Time)则有助于降低在制品库存,应对多品种小批量的生产模式。因此,精益生产不仅是轮毂企业降本增效的工具,更是其提升核心竞争力的战略选择。

2 铝合金轮毂制造企业推行精益生产的主要障碍分析

尽管精益生产与轮毂制造的需求高度匹配,但在实践中却面临多重障碍,这些障碍相互交织,构成了复杂的推行阻力网络。

2.1 战略与认知层面的障碍

(1)高层领导支持不足或认知偏差:精益生产是一场深刻的管理变革,需要最高管理层的坚定承诺和持续投入。然而,部分轮毂企业领导者将精益视为一个短期的成本削减项目,期望立竿见影的效果。一旦遇到困难或短期内财务指标未明显改善,便失去耐心,撤回资源。更有甚者,将精益简单理解为“让员工多干活、少拿钱”的手段,这种错误的认知从根本上背离了精益“尊重人”的哲学,必然导致员工的抵触^[1]。(2)对精益理解的片面化与工具化:许多企业推行精益时,往往从易于上手的工具入手,如轰轰烈烈地开展5S活动,或在车间挂上几个看板。这种“只见树木,不见森林”的做法,忽略了精益背后的文化、系统和持续改善的本质。当5S的热情退

去,现场又恢复原状;当看板脱离了稳定的生产节拍和均衡化生产(Heijunka)的支持,反而成为掩盖问题的遮羞布。精益不是工具箱,而是一个完整的思维体系。

2.2 组织与人员层面的障碍

员工参与度低,缺乏主人翁意识:精益的成功极度依赖一线员工的智慧和积极参与。然而,在传统的轮毂制造企业中,普遍存在着“管理者决策,员工执行”的垂直管理模式。员工习惯于被动接受指令,缺乏发现问题、提出改善建议的动力和渠道。加之部分企业未能建立有效的激励机制,员工担心改善会增加自身工作量或威胁岗位安全,从而对精益持观望甚至排斥态度。跨部门协作壁垒森严:轮毂制造涉及生产、工艺、设备、质量、物流、采购等多个部门。精益改善项目往往需要跨部门协同,例如缩短换模时间(SMED)需要工艺、设备和生产三方紧密配合。但在现实中,部门墙(Silo Mentality)现象严重,各部门以本位主义为先,信息不共享,责任推诿,使得需要系统思考的精益项目难以推进。

2.3 技术与流程层面的障碍

工艺流程复杂性与设备稳定性的挑战:轮毂制造的核心工序——铸造,本身就是一个复杂的物理化学过程,受原材料成分、熔炼温度、模具状态、冷却速率等多种因素影响,过程波动性大。精益追求的稳定、可预测的生产流(Stable Flow)在此环节面临巨大挑战。设备故障率高、模具寿命不稳定等问题,会频繁打断生产流,使“一个流”或“小批量流”难以实现。换型时间长,制约柔性生产:面对多品种生产,快速换模(SMED)是精益的关键。然而,轮毂的铸造模具和机加工夹具通常体积庞大、结构复杂,换型过程涉及吊装、定位、调试等多个步骤,耗时较长。若不能有效缩短换型时间,就无法实现小批量、高频次的生产切换,导致在制品库存积压,违背了精益的初衷^[2]。质量追溯与过程控制难度大:轮毂的质量缺陷往往具有滞后性,例如内部的微观缺陷可能在后续的机加工或使用中才暴露出来。传统的质量检验多为事后把关,难以做到源头预防。如何将精益的“自働化”理念融入到轮毂生产的各个环节,建立实时、有效的过程防错(Poka-Yoke)和质量追溯体系,是技术上的难点。

2.4 体系与支撑层面的障碍

缺乏标准化作业体系:标准化作业(Standardized Work)是精益的基石,它为持续改善提供了基准。但在轮毂企业中,作业标准往往不完善、不统一,或者只是停留在纸面上,未能真正指导员工操作。没有标准,就无法衡量改善的效果,也无法实现知识的有效传承。信

息系统(IT/OT)支撑薄弱:现代精益生产离不开数据的驱动。然而,许多轮毂企业的信息化水平不高,生产、质量、设备等数据分散在不同的系统或纸质记录中,形成信息孤岛。管理者难以实时、全面地掌握生产现场的真实状况(Gemba),无法进行精准的问题诊断和决策。缺乏MES(制造执行系统)等数字化平台的支撑,精益改善活动往往停留在经验层面,难以量化和固化成果。

3 克服障碍的对策与实施路径

针对上述障碍,铝合金轮毂制造企业必须采取系统性的对策,将精益从一场运动转变为一种深入骨髓的企业文化。

3.1 强化顶层设计,重塑精益战略

确立精益为公司级战略:企业最高领导者必须亲自挂帅,成立由总经理直接领导的精益推进办公室(Lean Promotion Office, LPO)。LPO负责制定清晰的精益愿景、三年滚动规划和年度目标,并将其与公司的经营战略(Hoshin Kanri)紧密对齐。领导者要通过定期的现场走访(Gemba Walk)展示其对精益的承诺,并确保资源(人力、财力、时间)的持续投入。深化精益理念宣贯与培训:摒弃“工具先行”的误区,首先从理念导入开始。通过分层级、分岗位的精益培训,让从高管到一线员工都深刻理解精益的本质是“消除浪费、创造价值、尊重员工”。培训内容应超越工具本身,着重讲解精益思维、系统观和持续改善的哲学。

3.2 构建全员参与的精益文化

赋能一线员工,建立改善提案制度:打破“精英改善”的迷思,相信并依靠全体员工的智慧。建立简单、便捷、及时反馈的改善提案(Kaizen Suggestion)系统,鼓励员工围绕安全、质量、效率、成本等方面提出微小但有效的改进建议。对采纳的提案给予物质和精神双重奖励,并通过可视化看板公开展示成果,营造“人人都是改善者”的氛围。打破部门墙,推行跨职能团队(CFT):针对复杂的精益项目(如价值流图析VSM、单元线建设),组建由生产、工艺、质量、设备等骨干组成的跨职能团队。明确团队共同目标,赋予其必要的决策权,并通过定期的联合会议和共享绩效指标,促进信息共享与协同作战。

3.3 深化精益工具在轮毂制造场景的应用

(1)以价值流图析(VSM)为起点,系统规划:选择一条典型轮毂产品的生产线,绘制当前状态价值流图,清晰识别出从订单接收到产品交付全过程中的浪费(等待、搬运、库存、过度加工等)。基于此,设计未来状态价值流图,明确改善的优先级和路线图,避免零敲碎打。

(2) 聚焦核心瓶颈, 攻坚克难: 一是铸造环节: 推行全面生产维护 (TPM), 提升设备综合效率 (OEE), 特别是减少模具故障和计划外停机。引入先进的过程监控技术, 实现铸造过程的稳定化^[3]。使用模拟仿真软件, 模拟模具结构和铸造过程, 提高产品的直通率。二是机加工环节: 大力推行快速换模 (SMED), 将内部作业 (停机时进行) 转化为外部作业 (运行时准备), 并通过标准化、通用化工装夹具, 力争将换型时间缩短50%以上。探索建立U型或细胞式 (Cell) 生产线, 实现机加工工序的紧凑布局和一个流生产。三是涂装环节: 优化烘烤曲线, 减少能源浪费; 引入自动化上下件和机器人喷涂, 提升一致性和效率; 改造机器人的夹爪柔性, 提高线体的柔性化, 满足多品种小批量生产。(3) 构建全过程质量保证体系: 将质量控制点前移, 在关键工序设置防错装置 (Poka-Yoke), 如利用传感器检测机加工后的关键尺寸, 或通过X光探伤自动识别铸造缺陷。建立从原材料批次到最终产品的全程质量追溯系统, 确保任何质量问题都能快速定位根源。

3.4 夯实基础管理, 推进数字化精益融合

全面推行标准化作业: 由一线班组长和骨干员工共同参与, 制定详尽、图文并茂、易于理解的标准作业指导书 (SOP)。通过日常的标准化作业稽查和OPL (单点课程) 培训, 确保标准得到有效执行, 并在实践中不断优化。拥抱工业4.0, 打造数字化精益平台: 投资建设或升级MES系统, 打通ERP、PLM、QMS等系统的数据壁垒。利用物联网 (IoT) 技术, 实时采集设备状态、工艺参数、能耗、质量数据等^[4]。通过大数据分析和可视化看板, 管理者可以实时洞察生产瓶颈、质量趋势和效率损失, 使精益改善活动建立在坚实的数据基础之上。例如,

利用数字孪生 (Digital Twin) 技术模拟和优化工厂布局与物流路径。

4 结语

铝合金轮毂制造企业推行精益生产, 绝非易事, 其障碍根植于战略认知、组织文化、技术流程和支撑体系等多个维度。成功的精益转型, 不能寄希望于引进几个工具或聘请几位顾问, 而必须是一场由最高领导者引领、全员深度参与、系统规划、持续迭代的深刻变革。企业需要正视轮毂制造工艺的独特性, 将精益思想与具体生产场景深度融合, 既要解决铸造稳定性、快速换型等技术难题, 更要着力于打破部门壁垒、激发员工潜能、构建学习型组织。未来, 随着智能制造技术的飞速发展, 精益生产与数字化、智能化的融合将成为必然趋势。铝合金轮毂制造企业应以精益思想为魂, 以数字技术为翼, 在夯实管理基础的同时, 积极探索AI、大数据、物联网等新技术在消除浪费、提升效率、保障质量方面的创新应用。唯有如此, 方能在激烈的全球市场竞争中, 锻造出不可复制的核心优势, 实现从“制造”到“智造”的华丽蜕变, 迈向高质量发展的新纪元。

参考文献

- [1]王梦颖.Z铝轮毂公司安全生产管理体系优化研究[D].燕山大学,2023.DOI:10.27440/d.cnki.gysdu.2023.000399.
- [2]吴兵华,叶燕飞,郝彬,等.汽车铝合金轮毂的应用与生产探究[J].中国设备工程,2022,(12):105-107.
- [3]张宾,林波.汽车铝合金轮毂的应用与生产探究[J].内燃机与配件,2020,(13):126-127.
- [4]张世琪,吴国瑞,黄金,等.浅析汽车轻量化铝合金轮毂的生产工艺[J].内燃机与配件,2022,(24):76-78.