

基于 PDCA 循环的 S 公司带钢轧破缺陷质量改善

袁泽博 李玉光

华北理工大学经济管理学院

摘要: 我国钢铁行业面临着市场供需严重失衡的困境, 供应大于需求的现状短时间内无法改变, 各个钢铁企业竞争压力较大。在此环境下, 如何利用现代质量管理工具改善产品质量, 从而提高企业竞争力, 是各个钢铁企业所必须考虑的问题。研究应用 PDCA 循环, 利用头脑风暴找出影响轧破缺陷的可能因素, 然后利用专家打分, 筛选出其中的 6 项主要影响因素, 对其进行逐一验证, 找到 3 项关键主因, 对其进行逐一改进, 最终将 S 公司轧破缺陷降低到 0.038%, 达到预定目标。此次改善提高了 S 公司的产品竞争力, 也为其他企业提供借鉴。

关键词: PDCA; 钢铁; 质量改善; 轧破缺陷

DOI: 10.65976/3078-8145.2026.01.019

1 研究背景

当前我国钢铁行业已全面进入结构调整与高质量发展的关键阶段, 市场供需格局呈现阶段性过剩态势, 同质化竞争日趋激烈。在此背景下, 产品质量稳定性直接决定钢铁企业的市场竞争力与经济效益, 成为企业生存发展的核心要素。

钢铁企业在生产钢卷时, 常会出现轧破问题, 精轧机在对中间坯的轧制过程中, 由于各方面的原因造成带钢在机架内发生不均匀变形, 带钢发生跑偏, 严重时会出现带钢轧破缺陷。带钢轧破将造成严重的堆钢事故, 影响后续的轧制, 降低了生产效率, 同时轧破钢卷只能按照废品处理, 造成经济损失^[1-2]。

S 公司连铸连轧产线经常出现带钢轧破缺陷。板坯经粗轧、精轧工序时, 易因设备精度、工艺控制、操作规范等多重因素出现不均匀变形与带钢跑偏等生产事故。运用科学、系统的质量管理工具精准定位缺陷根源、实施闭环改进, 成为 S 公司降本增效、提升核心竞争力的迫切需求。基于此, 本文引入成熟适用的 PDCA 循环管理方法。

2 PDCA 循环

PDCA 循环 (Plan-Do-Check-Act Cycle) 是一种用于持续改进过程的管理方法, 通过计划、执行、检查、处理四个阶段不断重复, 帮助我们改进和梳理流程, 从而达到提高产品、服务质量的目的。PDCA 循环已成熟地应用于钢铁企业质量改进过程中^[3-5]。

3 S 公司连铸连轧产线氧化铁皮缺陷现状

统计 2025 年下半年中成品带钢质量缺陷的构成, 带钢轧破缺陷共计 0.2 万吨, 造成经济损失约 160 万元, 占比较高。所以减少热轧带钢轧破缺陷是降低 S 公司质量损失, 提升盈利水平的重要攻关项目。

4 PDCA 循环改善氧化铁皮缺陷的具体实践

4.1 问题分析及策划 -P 计划阶段

4.1.1 提出目标

为改善 S 公司带钢轧破缺陷, 由 S 公司制造部热轧产品室牵头成立了 QC 小组, 对轧破缺陷开展攻关。QC 小组由 10 人组成, 其中制造部产品室 2 人, 制造部技术室 3 人, 生产作业部 3 人, 技术中心 2 人。

通过统计 2025 年下半年热轧原因造成的各类型轧破缺陷所占比重, 其中尾部亮带缺陷导致的烂尾缺陷占比 52.99%, 尾部亮带烂尾所占比重最高。

根据对标调研的结果, 对比同机型企业生产中先进轧破缺陷所占比例, 经研究讨论共同决定将活动目标定为 0.04%, 理想目标 0.02%, 并经小组成员讨论认为目标可行。

4.1.2 轧破原因分析

针对造成带钢轧破缺陷的可能影响因素, 通过头脑风暴法, 制作鱼骨图, 按照人、机、料、法、环、测共找到 26 个末端因素, 见图 1。

除项目组人员外, 邀请了 10 名专家, 利用专家打分法对造成带钢轧破缺陷的可能影响因素进行打分。专家团成员由制造部、技术中心及生产作业部博士学历或高级工程师职称, 有从事生产和质量工作 10 年以上工作经验的人员组成。

通过综合打分评价法, 将以上 26 个因素, 经团队成员及专家团共同打分, 选出 6 个大于 10 分的末端因素, 需重点确认, 见表 1。

根据筛选出的 6 项因素进行要因调查: 首先对每个末端原因制定要因验证方法, 并制作了要因确认计划 (见表 2), 根据计划逐一进行确认。

(1) 对精轧镰刀弯控制差的要因进行确认。抽检 10 次轧破缺陷, 对比轧破缺陷的次数和精轧镰刀弯

方向对应性, 发现 F7 明显的轧烂情况, 镰刀弯超出正常的曲线 60mm 以上, 抽检出现带钢尾部亮带和甩尾缺陷的块数, 都有较大的镰刀弯。所以镰刀弯控制水平的差异导致轧制状态不稳定, 出现尾部轧破缺陷。

(2) 对 F1E 辊缝两侧偏差大的要因进行确认。统计中间梁在不同位置辊缝时, 实际精轧出口中心线跑偏情况, 发现带钢中心线如果明显偏向一侧, 带钢的整体轧制状态就会变差, 同时尾部由于偏离中心较大, 极易发生尾部轧破缺陷。

(3) 对侧导板框量大的要因进行确认。统计半年内精轧机轧破的事故原因, 测量侧导板的框量和事故录像存在对应性, 最终确认直接原因就是精轧多机架侧导板精度超标, 对中导向作用差。侧导板框量精度超标, 对中导向作用差, 造成带钢跑偏轧破。

(4) 对 AGC 计算偏差导致调整幅度大的要因进行确认。统计近半年出现带钢头部轧破事故, 复查精轧出口测厚仪检测的厚度曲线, 发现 AGC 计算偏差大导致调整幅度大, 造成带钢头部轧破, 在实际生产中占比较少, AGC 计算偏差为非要因。

(5) 对出炉温度低、均热性不好的要因进行确认。采集 100 块出现轧破亮带缺陷的板坯出炉温度和均热度, 复查当时所采取的控制措施及效果。发现板坯加热制度较合理, 无温度对应性。可见出炉温度不是造成的带钢尾部亮带缺陷的主要原因。

(6) 对中间坯状态变化大的要因进行确认, 统计不同中间坯变化对带钢轧制情况的影响。发现不同中间坯变化对应的轧制情况是头部变化较大, 尾部影响较小, 和带钢尾部轧破缺陷无对应性。

4.2 设计改善方案及执行 -D 执行阶段

综上, 影响带钢轧破缺陷的主要因素分别为镰刀弯控制水平差、F1E 辊缝偏差大与侧导板框量超标。对三项主要原因提出改善方案和计划 (见表 3)。

(1) 针对镰刀弯控制水平差的问题, 制作提高镰刀弯命中率控制教程, 将水平值调整方法进行全岗位推广; 增加镰刀弯跑偏超过 100mm 时系统报警功能,

表 1 针对造成带钢轧破缺陷的可能影响因素 打分评价表 (单位: 分)

分类	主骨	末端因素	项目团队 打分	专家团 打分	累加
人	操作工	精轧镰刀弯控制	7	7	14
		中心线便宜调整	4	4	8
		侧导板对中度调整	4	4	8
机	F1E	两侧辊缝偏差大	6	7	13
		立棍辊面不良	5	4	9
	精轧机	AGC 计算偏差大 导致调整幅度大	8	7	15
		磁尺的跟随性差	5	3	8
		两侧的阶梯垫 高度偏差大	4	4	8
	侧导板	侧导板的框量大	8	6	14
两侧衬板的 磨损不均匀		3	4	7	
侧导板对中不佳		4	4	8	
料	中间坯	出炉温度低, 均热性不好	6	6	12
		来料质量差 (气泡、夹杂、毛刺)	4	3	7
		中间坯状态变化	7	5	12
法	计划	计划排产过渡不合理	4	4	8
	生产策略	工艺水设定不合理	3	4	7
		加热制度不合理	4	5	9
换辊制度	工作辊轧制公里数大	6	3	9	
环	工艺水不良	轧辊冷却水不良	4	3	7
		轧机出口封水不好	4	5	9
		设定和实际的 流量偏差大	4	4	8
	环境温度低	冷却水温度低	4	4	8
车间气温低		3	3	6	
测	检测精度	卷取入口表检仪	5	3	8
		进线开卷检查	5	3	8

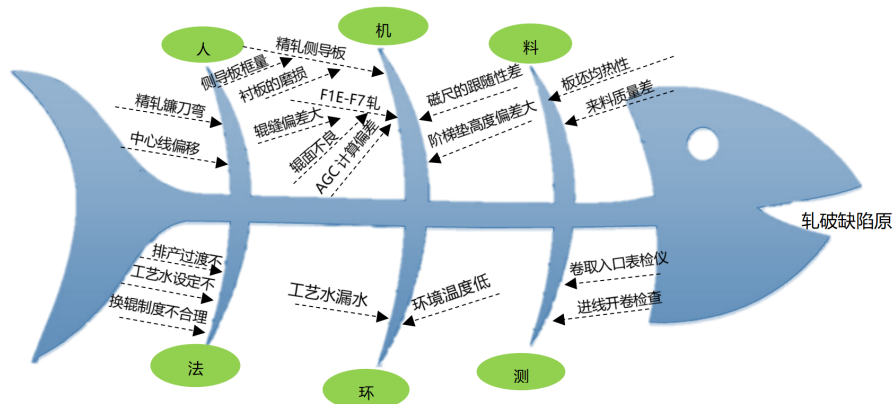


图 1 造成带钢轧破缺陷的可能影响因素

表 2 要因确认计划表

末端因素	确认方法	确认内容	确认标准
精轧镰刀弯控制	调查统计	镰刀弯命中率	精轧机出口镰刀弯小于 ± 60mm
F1E 两侧辊缝偏差大	调查统计	两侧的实际轧制力偏差	轧制力偏差在 ± 50KN 内
AGC 计算偏差大导致调整幅度大	现场调查	带钢头部轧制状态	头部穿带活套跳套
侧导板框量大	调查统计	侧导板两侧的开口度差值	两侧差值在 20mm 以内
出炉温度低均热性不好	调查统计	除鳞道次情况	不同除鳞道次对轧制温度产生的影响
中间坯状态变化大	调查统计	中间坯的实际镰刀弯	镰刀弯控制在 30mm 内

表 3 主要原因改善方案和计划表

要因	对策	目标	措施
镰刀弯控制水平差	提高镰刀弯调整水平，减少头尾跑偏	减少镰刀弯超过 60mm 块数，镰刀弯的命中率达到 85%	制作调平方法文档进行推广，增加镰刀弯跑偏预警功能
F1E 两侧辊缝偏差大	严格执行换辊制度，优化立辊的控制方法	保证轧制中心线不会向着两侧跑偏	优化立辊的换辊周期，开发立辊在线调整功能
侧导板框量超标	利用检修或者设备强化测量框量，建立跟踪台账	保证侧导板的框量不超标，总的框量不超 40mm 两侧的框量差值不超 10mm	改变侧导板的液压缸控制位置，增加消除框量程序，制定测量周期

便于操作人员及时进行调整。

(2) 针对 F1E 两侧辊缝偏差大的问题，优化立辊更换周期，针对不同材质的轧辊，制定不同更换周期，并进行定期检查，每周利用检修时期进行检查。同时与自动化人员结合开发小立辊在线调整辊缝功能，及时调整 F1E 辊缝。

(3) 针对侧导板框量超标的问题，在二级系统中加入侧导板消除框量程序；利用每周检修时间测量各轧机侧导板框量，找出超标频率高的机组，根据偏移程度调整侧导板位置。

4.3 确认改善效果 -C 检查阶段

(1) 经过镰刀弯控制方法推广，镰刀弯 60mm 以内的命中率由 63.92% 提升到了 88.33%，有效减少跑偏次数。

(2) 通过定期更换 F1E 立辊，定期检查立辊辊缝偏差，开发小立辊在线调整辊缝功能，根据轧制时钢卷中心线偏移情况在线调整辊缝，使得轧制中心线得到有效的控制。

(3) 通过增加侧导板框量消除程序，框量得到明显的改善，轧制跑偏情况改善。

经攻关改进后，统计近两个月的带钢轧破缺陷占比情况，平均轧破缺陷占比为 0.038%，完成了目标 0.4%。

4.4 问题总结及标准化 -A 处理阶段

通过 PDCA 循环改善实践验证，优化镰刀弯控制、调整 F1E 立辊辊缝、管控侧导板框量三项措施对降低带钢轧破缺陷效果显著，缺陷率已稳定控制在 0.038%，顺利达成预设目标。

为巩固改善成果、防止问题反弹，QC 小组将有

效地改善操作方法与设备管控要求全面纳入标准化体系，修订并发布了岗位操作规程等文件。同时，对本次改善中出现的设备精度降低、工艺动态匹配等遗留问题进行梳理归纳，将未彻底解决的隐患纳入下一轮 PDCA 循环。

5 结束语

本研究通过运用 PDCA 管理思想，围绕 S 公司连铸连轧产线轧破缺陷的质量改进开展研究，从人、机、料、法、环、测多维度筛选出关键影响因素，然后制定针对性的改进方案。通过实施镰刀弯控制优化等措施，有效降低了轧破缺陷发生率。改进后，轧破缺陷占比降至 0.038%，达到预设目标。后续将相关措施纳入标准化文件，形成可持续的质量管理机制。

研究表明，PDCA 循环作为一种持续改进工具，能够帮助钢铁企业精准定位生产瓶颈，实现了产品质量与效率的双重提升，也为行业解决同类问题提供参考。

参考文献：

[1] 李胤 .CSP 热轧带钢尾部轧破事故的分析与控制 [J]. 武钢技术 ,2015,53(2):54-58.
 [2] 蔡才 .1780 热轧生产线精轧头部轧破问题探究 [J]. 上海金属 ,2010,32(1):51-54.
 [3] 王春生 . 基于 PDCA 循环的钢铁企业质量管理体系构建与优化研究 [J]. 中国金属通报 ,2024(7):210-212.
 [4] 李纪, 刘武华, 王朝斌, 等 .PDCA 循环在降低彩涂板生产成本中的应用 [J]. 山西冶金 ,2022,45(7):132-134.
 [5] 王翠娜, 张大江, 田海涛, 等 .PDCA+SDCA 模式在安钢工艺研究中的应用 [J]. 河南冶金 ,2022,30(1): 54-56.