

Control of Quality Defects in Continuous Rolling Seamless Steel Pipe Production

Tao Yi

Chengdu Advanced Metal Materials Research Institute Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610300, China

Abstract

In the production of continuous rolling seamless steel pipe, quality defects are the main factors affecting product performance and service life. The paper explores the technical means of controlling quality defects through the analysis of key links in the production process. Firstly, the selection of raw materials and metallurgical quality have a direct impact on the internal and external defects of steel pipes, and the smelting and pretreatment processes of steel billets need to be strictly controlled. Secondly, uneven temperature and the formation of oxide scale during the heating process can lead to surface and internal defects in the steel pipe, therefore precise control of furnace temperature and atmosphere is required. Reasonable setting of rolling parameters and maintenance of equipment accuracy are crucial in the rolling process. Finally, optimization of cooling and heat treatment can effectively reduce residual stress and uneven microstructure, and improve the quality of steel pipes.

Keywords

continuous rolling seamless steel pipe; quality defects; raw material control

连轧无缝钢管生产时产生的质量缺陷的控制

易涛

成都先进金属材料研究院有限公司, 中国 · 四川 成都 610300

摘要

连轧无缝钢管生产中, 质量缺陷是影响产品性能和使用寿命的主要因素。论文通过对生产过程中各关键环节的分析, 探讨了控制质量缺陷的技术手段。首先, 原材料的选择与冶金质量对钢管的内外部缺陷有直接影响, 需严格控制钢坯的冶炼和预处理工艺。其次, 加热过程中温度的不均匀和氧化皮生成会导致钢管表面和内部缺陷, 因此需精确控制炉温和气氛。轧制环节中, 合理设置轧制参数、维护设备精度至关重要。最后, 冷却与热处理的优化能有效减少残余应力和组织不均匀, 提升钢管质量。

关键词

连轧无缝钢管; 质量缺陷; 原材料控制

1 引言

连轧无缝钢管作为一种应用广泛的工业材料, 其质量直接关系到最终产品的可靠性和寿命。然而, 在生产过程中, 质量缺陷的产生仍然是一个亟待解决的问题。无论是在冶金流程、轧制过程, 还是在后续的冷却与热处理环节, 稍有不慎都会引发不同程度的缺陷。这些缺陷不仅影响钢管的外观质量, 还可能削弱其力学性能, 导致使用过程中产生应力集中、裂纹扩展等问题。因此, 分析这些缺陷的产生原因, 并提出有效的控制措施, 对于提升连轧无缝钢管的整体质量具有重要意义。

2 连轧无缝钢管生产质量缺陷成因分析

2.1 原材料质量对缺陷的影响

连轧无缝钢管的生产过程中, 钢坯表面缺陷如内折、外折、壁厚不均、结疤和扎折等问题也常常困扰生产质量。内折和外折主要由轧制过程中钢坯变形不均引起, 尤其是在加热温度控制不当或轧机压力分布不合理时, 容易导致这些缺陷的产生。内折和外折不仅会影响钢管的外观, 更严重的是, 它们可能成为应力集中的位置, 降低钢管的疲劳强度和抗压能力。壁厚不均则通常源于轧制道次安排不当或设备精度不足, 尤其在轧制工艺中的孔型设计或调整不当时, 钢管各部位受力不同, 导致壁厚分布不均。这会使产品在后期加工中难以满足精密要求还能影响钢管的受力性能。在原材料钢坯表面如存在结疤或其他表面缺陷, 这些缺陷在轧制过程中会被进一步扩大, 形成明显的质量问题。结疤通常是由于钢坯表面氧化皮处理不当或加热过程中温度过高引起的, 需

【作者简介】易涛 (1981-), 中国四川成都人, 本科, 技师, 从事无缝钢管生产工艺及技术研究。

要在加热工序前进行严格检查和清理。扎折是轧制过程中钢坯局部过度压缩或表面受到损伤所导致的表面裂纹或折叠状缺陷。为了有效控制这些质量问题,需对轧机设备的精度进行定期校准,并优化工艺参数设置,保证生产过程中的稳定性^[1]。

2.2 加热过程中的影响

2.2.1 温度分布不均与过热问题

加热过程是连轧无缝钢管生产中的关键环节之一,加热温度的控制直接影响到钢管的组织,如果加热温度分布不均或局部过热,钢坯在轧制过程中可能会产生应力集中或变形不均,导致成品钢管的结构异常,一旦某一部分的加热温度过高,钢坯的局部组织就可能出现过烧现象导致材料的韧性下降,最终导致使用中出现断裂问题,而且温度分布不均则可能造成钢坯不同区域的机械性能不一致影响到成品钢管的质量稳定性。

2.2.2 氧化皮生成及其影响

氧化皮的生成是加热过程中不可避免的现象,如果在加热炉内未能有效控制氧化气氛,钢坯表面会生成较厚的氧化皮,而这些氧化皮在轧制过程中可能会卷入钢管表面,形成“氧化皮夹杂”缺陷会影响钢管的外观,降低其耐腐蚀性。因此,在加热过程中要对炉内气氛进行合理调节,采用保护性气体或优化加热工艺减少氧化皮的生成^[2]。

2.3 轧制过程中的缺陷产生

2.3.1 轧制压力和速度的影响

轧制过程是连轧无缝钢管生产中最重要的一环,轧制压力和速度的设置直接关系到钢管的尺寸精度和内部质量。如果轧制压力设置不当,过大的压力可能会使钢坯发生过度变形导致内部组织被破坏,产生微裂纹甚至断裂。而过小的压力则会导致钢坯的塑性变形不足,无法达到预期的尺寸精度。而且轧制速度过快或过慢也会对钢管质量产生负面影响,过快的速度容易导致钢坯的冷却不均进而产生应力集中;而过慢的速度则可能使钢坯长时间暴露在高温环境下,增加氧化皮生成的概率。

2.3.2 轧机设备的磨损与对中偏差

轧机设备的磨损与对中偏差也是影响钢管质量的重要因素,随着轧机设备的使用时间增加轧辊等关键部件会发生磨损,如果不及时进行维护轧制过程中会出现对中偏差,导致钢管的壁厚不均问题。另外,设备的精度下降还可能导致钢管表面产生压痕。因此,保持轧机设备的良好状态定期进行维护是保证连轧无缝钢管生产质量的关键。

2.4 冷却和热处理过程中的缺陷

2.4.1 不均匀冷却导致的残余应力

冷却和热处理是连轧无缝钢管生产的最后阶段,这两个过程的控制直接影响钢管的机械性能,不均匀冷却容易导致钢管产生残余应力从而在后续使用中出现裂纹或变形问题。尤其是在钢管厚度较大或材料特殊的情况下,冷却速度

的控制显得尤为重要。过快的冷却速度可能会引发内部组织的应力集中,而过慢的冷却则可能导致钢管的表面硬度和韧性降低^[3]。

2.4.2 热处理不当引起的组织不均匀

热处理工艺的不当也会对钢管的组织产生不利影响。如果热处理温度不准确或保温时间不足,钢管的内部结构可能会出现不均匀现象,导致材料性能的波动。这种组织不均匀性不仅影响钢管的强度,还会使其在使用过程中出现脆性断裂或疲劳破坏。因此,在热处理过程中,必须严格控制加热温度和保温时间,确保钢管的内部组织均匀,避免缺陷的产生。

3 质量缺陷的控制与改进措施

3.1 原材料质量控制

3.1.1 钢坯选择与预处理优化

在连轧无缝钢管的生产中原材料质量控制的首要策略是优化钢坯的选择与预处理,选择合适的钢坯是关键,必须严格按照生产要求,保证钢材化学成分均匀避免夹杂物裂纹的存在。为此,可采用真空脱气和精炼等先进技术手段,提升钢水纯净度减少气孔和夹杂物。预处理环节同样重要,表面处理技术的优化是控制质量缺陷的核心。例如,机械抛光和酸洗等方法能够有效去除钢坯表面的氧化皮保证进入轧制工序的钢坯表面光洁度符合标准。这种表面处理优化,有助于减少后续加工中的质量缺陷。

3.1.2 改进冶金流程减少内部缺陷

在减少内部缺陷方面,资金流程的改进是不可或缺的,高强度钢管的生产对合金元素的均匀分布要求极高,因此,合金元素的精确控制成为重点。可利用优化炉料的选择和熔炼工艺,例如可采用更高效的炉内搅拌技术可实现合金元素的充分溶解和均匀分布避免局部成分偏析,能够显著减少钢坯内部的微观缺陷,如缩孔、夹杂物和偏析等问题,保证钢坯具备更高的均匀性从而在后续的轧制中提高钢管的性能。而且优化冶金流程还能提升钢坯的塑性,减少轧制过程中可能出现的裂纹和内部缺陷有助于提高成品钢管的质量。

3.2 加热与温控的优化

3.2.1 精确控制炉温与加热均匀性

为了提升连轧无缝钢管的生产质量,加热过程中的温度控制过程是重中之重。优化策略先集中在加热炉的设计和温度控制系统的升级要引入先进的温度传感器,结合智能控制系统,实时监控加热炉内各区域的温度变化,保证钢坯加热的均匀性。此策略能够避免局部过热或温度不足导致的质量缺陷。而且合理安排钢坯在加热炉内的摆放方式,保证一个钢坯能够获得均匀的加热效果,减少钢坯间的温度差异。加热均匀不仅能提升钢坯的塑性减少轧制过程中的应力集中,还能有效降低后续生产中的变形或裂纹问题,精确的炉温控制和均匀加热将显著提升钢管的内外部质量^[4]。

3.2.2 加强炉内气氛保护减少氧化

减少氧化皮的生成是另一个关键策略，加热过程中钢坯表面容易与空气中的氧发生氧化反应，形成影响钢管质量的氧化皮。为此建议在加热炉中引入保护性气体，通过使用惰性气体如氮气或低氧含量气体，有效抑制钢坯表面的氧化反应。这一气氛保护措施能够显著减少氧化皮的形成，减少轧制过程中氧化皮的夹杂问题。而且针对不同钢材的特性可采用分段控制加热的策略，设定适合不同材质的加热曲线，能有效提高加热的稳定性，最终钢管的表面质量将大幅提升。

3.3 轧制工艺的优化

3.3.1 合理设置轧制参数

轧制参数的优化是提高连轧无缝钢管质量的关键措施，轧制参数的合理设置直接决定了钢坯在轧制过程中能否获得均匀变形，可通过精确计算每种规格钢坯的变形量，结合轧制过程中的温度和轧制压力，可保证材料在轧制过程中充分变形，避免内部缺陷的产生。轧制速度是另一个至关重要的因素，速度过快会导致钢坯内部应力增加，容易产生裂纹或变形，速度过慢则可能导致表面氧化和材料过度变形。因此，针对不同材质和规格的钢坯，需进行科学合理的参数设置，使其在保证产品尺寸精度的同时最大限度地减少表面缺陷。在此过程中，还应结合钢材的变形特性、钢坯的尺寸和使用环境，灵活调整工艺参数，保证钢管表面光滑尺寸均匀，从而大幅提升产品的机械性能与使用寿命。另外，还要注意内直道的问题，内直道问题是影响无缝钢管质量的常见缺陷之一，它指的是钢管内表面出现的纵向沟槽或划痕，通常由轧制过程中的不均匀变形或磨具损耗所致。为了有效减少或避免内直道的产生在优化轧制参数的同时，还要定期检查轧辊和轧模的状态，让设备表面光滑磨损均匀。而且合理控制润滑剂的使用可以降低摩擦，减少内直道的形成。利用严格的质量控制和参数优化能显著提升钢管的表面质量，满足客户对产品高质量高精度的要求。

3.3.2 提升轧机设备精度与维护保养

设备的精度和维护是确保轧制工艺稳定性的基础，轧机设备的精度直接影响钢管的成品质量。轧辊是轧制过程中与钢坯直接接触的关键部件，随着时间的推移轧辊的磨损会导致钢管壁厚不均问题。因此，定期检查和更换磨损的轧辊非常重要，一定要保证设备在高精度状态下运行。除了机械部分的维护外，自动化控制系统的提升也不可忽视。例如，引入高精度的传感器和实时监控系統，能够对设备的运行状态进行持续跟踪，自动识别设备运行中的偏差并进行调整，从而避免因设备故障或对中不良而产生的质量缺陷。最后，

设备的日常保养也能延长设备的使用寿命，这一措施不仅降低生产成本保证了成品钢管的精度与一致性^[5]。

3.4 冷却与热处理改进

3.4.1 优化冷却速度与均匀性

为了避免冷却过程中产生残余应力并导致钢管变形或开裂，需根据钢管的厚度和材质特性采用分段冷却工艺。不同厚度的钢管在冷却时需有不同的冷却速度设置，确保各部分均匀冷却，需要避免温度差异过大造成的应力集中。先进的冷却控制系统可以实时监测钢管的温度状态，准时调整冷却速度保证冷却过程均匀、平稳。利用此种精细化的冷却控制来减少因局部冷却过快或过慢而引发的质量缺陷，进一步提高钢管的结构稳定性。

3.4.2 改进热处理工艺减少应力集中

在热处理工艺的改进中，温度和控制时间的控制至关重要，为确保钢管内部组织的均匀性必须精确调控加热温度与保温时间。可利用引入先进的温度控制系统来精确控制热处理的每个环节，保证钢管在淬火回火等过程中获得均匀的组织结构，避免因局部温度波动产生的不均匀现象。针对不同材质的钢管应设计不同的热处理工艺，优化加热与冷却曲线，来减少内部应力的生成，使钢管能够在严苛条件下保持较高的使用寿命。

4 结语

在连轧无缝钢管的生产过程中，质量缺陷的控制是提高产品性能和使用寿命的关键。本研究通过对原材料质量、加热过程、轧制工艺、冷却与热处理等环节的分析，提出了一系列优化措施。控制质量缺陷的核心在于精确调控各个工艺环节，采用先进的技术手段提升生产过程的精度与稳定性。例如，严格选择钢坯、优化加热温度与轧制参数、引入保护性气氛控制氧化皮生成等。通过这些技术手段的应用，能够有效减少缺陷，显著提升无缝钢管的整体质量与可靠性，满足市场对高性能材料的需求。

参考文献

- [1] 杨璐. 不锈钢管焊接质量控制浅析[J]. 上海质量, 2024(5): 70-72.
- [2] 李世杰. 无缝钢管质量检测中超声波检测技术的应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2022, 29(7): 5-7+54.
- [3] 朱锦铭. 对热轧无缝钢管生产时产生细微质量缺陷的控制[J]. 中国金属通报, 2018(7): 87-88.
- [4] 张金华. 连铸坯表面缺陷对连轧钢管表面质量的影响[J]. 南方农机, 2017, 48(21): 93+96.
- [5] 冯庆, 于辉, 刘波, 等. 连铸坯表面缺陷对连轧钢管表面质量的影响[J]. 理化检验(物理分册), 2015, 51(10): 679-683.