

Effect of optimization of continuous casting process parameters on the organization and performance of automobile plate casting billet

Zhihua Yu

Valin Arcelle Mittal Automobile Board Co., Ltd., Loudi, Hunan, 417000, China

Abstract

As one of the key technologies of contemporary steel production, continuous casting process plays a key role in the manufacturing of high-performance steel such as automobile plate. This paper comprehensively analyzes the core link of continuous casting process and its impact on the organization and performance of the billet, and focuses on the organizational defects and performance problems caused by improper process parameters, such as the cooling speed is too fast or too slow, and the temperature control of molten steel is not accurate enough. In addition, with the help of practical cases, the methods of optimizing the overheat of molten steel, drawing speed and cooling speed are given, which highlights the significance of accurate control for enhancing the tissue uniformity and performance stability of the billet, and gives strong guidance to the production of high quality billet.

Keywords

continuous casting process; automobile plate; casting quality; cooling speed

连铸工艺参数优化对汽车板铸坯组织与性能的影响

余志华

华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司, 中国·湖南 娄底 417000

摘要

连铸工艺身为当代钢铁生产的关键技术之一, 于汽车板这类高性能钢材的制造中发挥着关键作用。本文全面剖析了连铸工艺的核心环节以及其给铸坯组织与性能带来的影响, 着重研讨了因工艺参数不当所导致的组织瑕疵和性能方面的问题, 像是冷却速度太快或者太慢、钢水温度把控不够精确等。另外借助实践案例的探究, 给出了优化钢水过热度、拉坯速度还有冷却速度的办法, 突出了精准控制对于增强铸坯组织均匀程度和性能稳定特性的重要意义, 给达成高质量铸坯生产给予了有力的引导。

关键词

连铸工艺; 汽车板; 铸坯质量; 冷却速度

1 引言

连铸工艺作为钢铁生产中的关键技术被大量运用在汽车板等高性能钢材的生产流程中, 伴随汽车工业针对钢材质量所提要求的持续攀升怎样借由优化连铸工艺的参数, 增进铸坯的组织结构和性能变成了亟需处理的难题。铸坯的质量径直关联着后续加工流程里的成型性、强度以及延展性等核心性能。

2 连铸工艺及其影响因素

2.1 连铸工艺概述

连铸工艺指的是把液态的钢水持续浇注至具有特定形

状的结晶器内, 借助对冷却流程的把控让其凝固成为铸坯的一种生产方式。此工艺涵盖了钢水的筹备、浇注、冷却凝固以及铸坯的拉矫与切割等一系列环节。起初钢水在完成精炼处置后由炼钢炉注入钢包, 再经由中间包进入结晶器。在结晶器当中钢水迅速降温形成坯壳, 紧接着在二冷区持续冷却最终彻底凝固成为铸坯。连铸工艺具备高效能、节能性以及连续化生产等特性已然成为当代钢铁生产的主流方法。

2.2 汽车板铸坯的组织与性能要求

汽车板铸坯的组织需要均匀且细密, 晶粒度要适度以此保障优良的塑性与韧性。一般期望获取细小的等轴晶构造, 防止产生粗大的柱状晶或者不均匀的组织, 由于这些不均匀的情况会致使铸坯的力学性能降低对后续的加工和运用造成影响。铸坯的性能需求涵盖了高强度、出色的成型性以及焊接性。高强度是为了契合汽车结构件在承载和安全层

【作者简介】余志华(1981-), 男, 中国湖南娄底人, 硕士, 工程师, 从事企业管理、冶金技术研究。

面的需要；出色的成形性能能够保证在冲压成型的过程中铸坯不会产生裂纹或者破裂之类的缺陷；而焊接性保证在制造流程中，焊接工艺能够顺畅开展确保焊缝的质量。为达成这些要求铸坯的晶粒度应当控制在适宜的区间并且等轴晶率要达到特定的比例，力学性能像屈服强度、抗拉强度、延伸率等也需要符合汽车行业的有关标准，例如抗拉强度的要求通常在 300MPa 及以上延伸率不低于 30%。

3 连铸工艺参数不合理的影响分析

3.1 连铸工艺参数不合理导致铸坯组织缺陷

在连铸的进程之中工艺参数的设定对于铸坯组织的质量有着极为关键的影响，倘若拉速、冷却强度这类工艺参数的设定缺乏合理性，就容易致使铸坯出现各类组织缺陷。拉速过快的话会致使钢水在结晶器里的停留时长不够，坯壳的厚度达不到要求或许会引发裂纹以及漏钢的情况；而拉速过慢的话则会致使坯壳过厚，加大拉坯的阻力也许会造成铸坯表面出现凹陷、脱方等问题。与此同时冷却强度设定不恰当会引发铸坯内部的温度分布不均匀，产生热应力致使裂纹出现对铸坯的内部质量造成影响。

3.2 过快或过慢的冷却速度对铸坯性能的影响

冷却速度对于铸坯的质量具备显著的作用，冷却速度太快会于脆性温度区段形成较大的热应力，易于致使铸坯产生裂纹特别是在冷却过程中塑性和韧性下降。同一时间过快的冷却还有可能抑制合金元素的析离，对铸坯的强化成效产生影响。与之相反冷却速度太慢会致使晶粒过度扩张，削减铸坯的强度和硬度同时增大铸坯的各向异性，让其在后续的加工中出现不均衡的变形对产品性能造成干扰。

3.3 流速和液面波动对铸坯质量的影响

在连铸进程中钢水的流速以及液面的波动对于铸坯质量起着关键作用，钢水流速过快会致使结晶器内坯壳的均匀性遭到破坏，提升缺陷产生的可能性像卷渣和夹渣之类；同时液面波动幅度过大会让保护渣混入钢水，造成夹渣缺陷对铸坯的表面质量产生不良影响。此外液面波动还有可能致使坯壳生长不均，加大裂纹和凹陷等缺陷出现的风险进而使铸坯的综合质量下降。

3.4 温度控制不精确对铸坯组织的影响

温度控制在连铸过程中属于极为关键的一个环节，倘若温度控制不够精准钢水过热度过高将促使柱状晶过度生长，致使铸坯的晶粒组织缺乏均匀性削弱其力学性能与塑性。而过低的过热度或许会造成钢水流动性欠佳，引发浇注不完整的情况乃至形成短浇或者冷隔缺陷。与此同时温度的不均衡还会对坯壳的凝固速度造成影响，增大裂纹和缺陷的出现概率进而极大地影响铸坯的质量。

4 优化连铸工艺参数的实践策略

4.1 优化连铸工艺参数，减少组织缺陷

在连铸流程中工艺参数的精准把控对于铸坯质量意义

非凡，特别是针对钢水的过热度、拉坯速度以及冷却系统等核心要素进行优化。钢水过热度对于铸坯的凝固过程以及组织构建有着关键的决定作用，不同种类的钢对于过热度的需求各异，过热度不论是过高还是过低都会致使铸坯产生缺陷。通常而言低碳钢与低合金钢的过热度应当把把控在 15℃~30℃ 的区间，过热度如果太高或许会造成晶粒变得粗大；而过热度太低则容易引起铸坯表面出现裂纹。有效把把控拉坯速度同样是保障铸坯质量的关键办法。在冷却阶段拉坯速度太快会致使坯壳无法充分生长，有可能产生中心缩孔和疏松等状况，特别是针对高碳钢和高合金钢来讲，需要减缓拉坯速度以此保障坯壳的质量。

4.2 精确控制冷却速度与温度梯度

精准把把控冷却速度与温度梯度属于铸坯质量控制的关键步骤，对于增进铸坯的组织均匀性、性能稳定性具备重大作用。在连铸流程中冷却速度直接左右铸坯的组织结构，特别是针对不同的钢种，其冷却速率的选取务必要结合钢种的化学成分以及性能需求。太快的冷却速度或许会致使铸坯表面硬化迅速形成裂痕；而太慢的冷却速度则会拖延凝固进程，造成晶粒过大对力学性能产生影响。所以科学设计并精确掌控冷却曲线，可以有效增强铸坯的组织稳定性和性能。而温度梯度的调节主要依靠冷却结构的优化，温度梯度过大会使得铸坯内部的热应力变大容易引发开裂、变形等缺陷，而过小的温度梯度则会减慢凝固速度作用于铸坯的最终质量。

4.3 改善流速控制与液面稳定性

钢液流速的把把控以及结晶器液面稳定性的调控属于保障铸坯质量的关键步骤，钢液流速的不平稳会致使结晶器当中钢液流动出现混乱的状况，进而增大涡流、湍流的产生概率引发卷渣等不足之处；液面起伏过大则或许造成铸坯表面夹渣以及裂纹的情况，为优化钢液流速的控制，能够运用电磁搅拌技术以及对水口设计加以完善。电磁搅拌借助在结晶器周边施加磁场增强钢液的对流，提升流速的均匀程度同时对偏流的情况进行抑制。对于水口设计的优化，通过调节其几何形态和孔径的分布状况，促使钢液平稳地流入结晶器内部降低湍流现象的出现。另外液面的稳定性能够凭借精密的液面检测与控制体系来予以保证，比如采用激光液面计或者涡流液面传感器展开实时的监测，并通过调节拉坯的速度或者水口的开度，来维持液面的平稳状态以此降低表面缺陷的出现概率。

4.4 引入先进的温度监测与控制系统

为了增进连铸生产里的铸坯质量引进先进的温度监测与控制体系极其关键，温度监测体系以高精度的传感器作基础，借由恰当的布局和实时的数据收集达成对铸坯温度的全方位把把控。在结晶器当中凭借着宽面和窄面配置多个热电偶，能够实时监控钢水的温度变动情况；在二冷区顺着铸坯

的长度方向与周向安排热电偶阵列，精确把控铸坯冷却进程中的温度梯度。数据收集完毕后体系通过自动化解析，察觉异常并即刻发出警报给操作人员给予调整的根据。与此同时基于实时数据的工艺参数动态优化性能，让温度监测系统可以切实降低由于温度起伏造成的铸坯缺陷，给连铸生产的稳定性和产品质量的提高给予了技术支撑。

以某家钢铁企业为例，此企业于其连铸生产线上引入了前沿的温度监测和控制系统且收获了突出成果。在具体施行进程中，企业起初在结晶器的内宽面以及窄面各自装设了 5 个高精度的热电偶，以对钢水的温度分布进行即时监测。

与此同时在二冷区安排了顺着铸坯方向的热电偶阵列，涵盖了铸坯的整个冷却范畴达成对温度梯度的精确把控。在实际运作当中系统凭借热电偶采集到的温度数据，察觉到某一区域的温度反常偏高。经剖析明确问题出自冷却水量的匮乏。操作人员依照系统的报警提醒，即刻增添该区域的冷却水量，并且检修冷却设施让正常冷却功能得以恢复。该企业又进一步凭借温度监测系统所提供的实时数据，对拉坯速度和冷却策略予以优化，顺利将铸坯由于温度异常所引发的缺陷率降低了 30%。另外产品的力学性能有了显著的改良，抗拉强度提高超过 20MPa 延伸率提升了大概 7%。

表一：连铸工艺参数优化策略与效果总结

优化方向	实践策略	实施措施	优化效果
优化钢水过热度与拉坯速度	减少铸坯组织缺陷，提升坯壳质量	- 控制钢水过热度范围（低碳钢：15℃ -30℃） - 调整拉坯速度，特别是在高碳钢和高合金钢生产中降低拉坯速度 - 采用自动化控制系统监控参数	- 显著减少中心缩孔和疏松问题 - 提高铸坯质量，降低废品率
精确控制冷却速度与温度梯度	提高铸坯组织均匀性和性能稳定性	- 设计钢种特定冷却曲线 - 结合气雾冷却和水幕冷却两种方式 - 优化结晶器水流道设计，控制温度梯度范围	- 降低裂纹发生率（减少 40%） - 改善晶粒均匀性，提高强度、韧性和表面质量
改善流速控制与液面稳定性	避免缺陷（如卷渣、夹渣、裂纹）	- 使用电磁搅拌技术改善钢液流速均匀性 - 优化水口设计，减少湍流 - 引入激光液面计和涡流液面传感器实时监控液面	- 降低表面夹渣缺陷率（减少 45%） - 提升屈服强度和表面质量
引入温度监测与控制系统	提升温度控制精度，减少温度波动引发的缺陷	- 在结晶器及二冷区布置多个热电偶，精准监控温度 - 通过实时数据分析与报警系统调节冷却策略与拉坯速度	- 降低温度波动引发的缺陷率（减少 30%） - 提高产品抗拉强度和延伸率，优化力学性能

5 结语

连铸工艺于汽车板等高性能钢材的生产中具备无可取代的关键作用，其工艺参数的精确把控直接决定了铸坯的质量与性能。本文凭借针对连铸工艺核心环节以及其优化策略展开的探究，深度剖析了冷却速度、拉坯速度以及钢水过热度等参数对铸坯组织均匀性和性能稳定性产生的影响。研究显示科学地调节工艺参数不但能够切实规避铸坯内部的缺

陷，而且能够明显提升钢材性能的一致性和可靠性。

参考文献

- [1] 周律敏,周汉全,李源源,等.稳定板坯7号连铸机汽车板生产的工艺实践[J].柳钢科技, 2019(2):4.
- [2] 马强,韩仁义,范立强,等.大方坯连铸工艺参数对非调质钢宏观偏析的影响研究[C]//中国钢铁年会.2013.
- [3] 陈瑾.冷轧微碳钢工艺参数对深冲性能的影响[D].华北理工大学,2010.