

80Mn14高锰钢连铸小方坯浇铸过程抖坯现象的机理分析与解决方案

易靖松 祖文君

首钢贵阳特殊钢有限责任公司 贵州 贵阳 550201

摘要：本文探讨了80Mn14高锰钢连铸小方坯浇铸过程中抖坯现象的机理分析与解决方案，概述了80Mn14高锰钢的化学成分、性能特点及连铸小方坯的生产工艺流程。分析了抖坯现象的机理，包括结晶器内摩擦阻力、设备因素、工艺参数和材料特性等方面的原因。针对这些原因，提出了优化结晶器设计、调整工艺参数、加强设备维护与管理以及针对材料特性的措施等解决方案。通过实践案例分析，验证了这些解决方案的有效性，显著提高了铸坯质量和生产效率。

关键词：80Mn14高锰钢；连铸小方坯；抖坯现象；机理分析；解决方案

1 80Mn14 高锰钢连铸小方坯生产概述

1.1 80Mn14高锰钢的化学成分与性能特点

80Mn14高锰钢是一种具有优异性能的合金钢，其主要化学成分包括碳（C）、锰（Mn）、硅（Si）等元素。碳含量一般在0.90%-1.20%之间，锰含量高达13.00%-15.00%，硅含量约为0.30%-0.80%。还含有少量的硫（S）、磷（P）等杂质元素，其含量需严格控制在一定范围内，以保证钢材的性能。这种高锰钢具有独特的性能特点，在常温下，它呈现出较低的硬度和良好的韧性，易于进行冷加工和切削加工^[1]。然而，当受到强烈的冲击或挤压时，其表面会迅速产生加工硬化现象，硬度大幅提高，可达HB500-HB550，同时仍保持较好的韧性。这种特性使得80Mn14高锰钢广泛应用于矿山机械、破碎设备、轨道交通等领域，如挖掘机斗齿、破碎机锤头、铁路辙叉等，能够承受高强度的冲击和磨损，延长设备的使用寿命。

1.2 连铸小方坯生产工艺流程

80Mn14高锰钢连铸小方坯的生产工艺流程主要包括以下几个关键环节：（1）炼钢环节。采用电炉或转炉进行炼钢，将废钢、生铁等原料按照一定比例加入炉内，通过高温熔化、氧化脱碳、合金化等操作，将钢水的化学成分调整到符合80Mn14高锰钢的要求。在炼钢过程中，需要严格控制温度、成分和夹杂物含量，以确保钢水的质量；（2）精炼环节。为了进一步提高钢水的纯净度和均匀性，通常采用炉外精炼技术，如LF炉精炼、RH真空脱气等。LF炉精炼可以通过造渣、搅拌、加热等操作，去除钢水中的夹杂物，调整钢水的温度和成分；RH真空脱气则可以有效地降低钢水中的氢、氮等

气体含量，减少钢中的气泡和非金属夹杂物，提高钢水的质量；（3）连铸环节。将精炼后的钢水通过中间包注入结晶器中，钢水在结晶器内冷却凝固形成坯壳。随着拉坯机的牵引，带有一定厚度坯壳的铸坯从结晶器下方拉出，进入二次冷却区，继续受到喷水的冷却，使坯壳进一步增厚。当铸坯完全凝固后，通过切割设备将其切割成规定长度的小方坯；（4）后续处理环节。连铸小方坯在冷却后，需要进行表面质量检查、矫直、堆垛等处理。对于表面存在缺陷的方坯，需要进行修磨或清理，以确保其质量符合要求。

2 80Mn14 高锰钢连铸小方坯浇铸过程抖坯现象的机理分析

2.1 结晶器内摩擦阻力因素

结晶器内的摩擦阻力是引发抖坯现象的重要原因之一，在连铸过程中，随着坯壳在结晶器内的生长，坯壳与结晶器壁之间的摩擦力逐渐增大。80Mn14高锰钢的凝固特性导致其坯壳生长速度与普通钢种存在差异，在高温下坯壳强度较低，更容易受到摩擦力的影响。当结晶器振动参数设置不合理（如振动频率与拉坯速度不匹配、振幅过小或过大）时，坯壳与结晶器壁之间无法形成均匀的润滑层，摩擦力会出现周期性波动。这种波动会对铸坯产生横向作用力，当作用力超过坯壳的承载能力时，就会引发铸坯的抖动。

2.2 设备因素

设备运行状态不良是导致抖坯现象的关键因素，结晶器振动装置作为连铸设备的核心部件，其机械结构的稳定性和传动系统的精度对铸坯质量影响重大。当振动装置的偏心轮、连杆等机械部件出现磨损、松动时，

会导致振动波形失真,无法实现稳定的正弦或非正弦振动,进而使铸坯受到不均匀的振动作用力。同时,振动电机的故障、控制系统的信号传输延迟或偏差,也会造成振动参数失控,引发铸坯抖动。另外,扇形段辊列的精度对铸坯的支撑和导向起着关键作用,若辊子出现磨损、弯曲或辊列对中偏差,会使铸坯在运行过程中受到不均匀的支撑力,导致铸坯发生抖动。轴承的润滑不良、密封失效等问题,会增加设备运行的阻力,影响设备的稳定性,间接引发抖坯现象^[2]。

2.3 工艺参数因素

工艺参数控制不当是诱发抖坯现象的重要诱因,浇铸温度直接影响钢水的流动性和坯壳生长速度,80Mn14高锰钢的浇铸温度过高时,钢水在结晶器内的凝固速度减慢,坯壳较薄,抗变形能力弱,容易在外部作用力下产生抖动;浇铸温度过低则会导致钢水流动性变差,增加结晶器内的摩擦阻力,同样可能引发抖坯。拉坯速度与结晶器振动参数的匹配性至关重要,若拉坯速度过快而振动频率和振幅不足,坯壳与结晶器壁之间的摩擦力无法有效释放,会造成铸坯抖动;反之,拉坯速度过慢则会影响生产效率,且可能导致铸坯在结晶器内停留时间过长,增加坯壳与结晶器壁粘连的风险。结晶器液面波动过大也是引发抖坯的因素之一,液面不稳定会导致坯壳生长不均匀,在结晶器振动过程中产生不平衡力,从而引起铸坯抖动。

2.4 材料特性因素

80Mn14高锰钢的材料特性对抖坯现象的产生具有内在影响,该钢种的高温强度较低,在连铸过程中坯壳形成初期强度不足,难以抵抗外界干扰力。其热膨胀系数较大,在凝固和冷却过程中,铸坯内部会产生较大的热应力,当热应力分布不均匀时,容易引发铸坯的变形和抖动。此外,80Mn14高锰钢的凝固收缩率较高,在结晶器内凝固时,坯壳与结晶器壁之间的气隙形成和发展过程复杂,气隙的不均匀分布会导致传热不均,影响坯壳的均匀生长,进而使铸坯受力不均,增加抖坯的可能性。同时,钢中的化学成分偏析(如碳、锰元素的局部富集或贫化)会改变钢的凝固特性和力学性能,导致坯壳各部位强度不一致,在连铸过程中容易发生抖动。

3 抖坯现象的解决方案

3.1 优化结晶器设计

针对结晶器内摩擦阻力导致的抖坯问题,可从结晶器结构和保护渣性能两方面进行优化。在结晶器结构设计上,采用抛物线形或多锥度结晶器,相比传统直筒形结晶器,可改善结晶器内钢水的流动状态,减少坯壳与

结晶器壁之间的气隙,降低摩擦力。同时,优化结晶器的冷却水槽设计,使冷却水分布更加均匀,提高结晶器的冷却效率,促进坯壳均匀生长。在保护渣性能优化方面,根据80Mn14高锰钢的特性,开发专用保护渣配方,调整保护渣的熔化温度、粘度和耗量。例如,适当降低保护渣的熔化温度,使其在结晶器内更快形成液态渣膜,提高润滑效果;优化保护渣的粘度,使其既能高温下保持良好的流动性,又能在坯壳与结晶器壁之间形成稳定的润滑层。

3.2 调整工艺参数

合理调整工艺参数是解决抖坯问题的关键措施。在浇铸温度控制上,根据钢水的成分和连铸设备的特点,精确确定80Mn14高锰钢的浇铸温度范围,一般控制在液相线温度以上30-45℃,避免温度过高或过低。优化拉坯速度与结晶器振动参数的匹配关系,采用非正弦振动技术,根据拉坯速度实时调整振动频率和振幅。例如,当拉坯速度提高时,相应增加振动频率和振幅,确保坯壳与结晶器壁之间的摩擦力得到有效释放^[3]。加强结晶器液面的自动控制,采用高精度的液位传感器和先进的控制算法,将结晶器液面波动控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,保证坯壳均匀生长,减少因液面波动引发的抖坯现象。

3.3 加强设备维护与管理

建立完善的设备维护管理制度,是减少因设备因素导致抖坯的重要保障。定期对结晶器振动装置进行检查和维护,检查偏心轮、连杆等机械部件的磨损情况,及时更换磨损严重的零件;校准振动电机的运行参数,确保振动波形的准确性和稳定性。加强扇形段辊列的维护,定期测量辊子的磨损量和辊列对中精度,对磨损超标的辊子及时更换,对辊列偏差进行校正。同时,建立设备运行状态监测系统,利用传感器实时监测振动装置、扇形段等关键设备的运行参数(如振动频率、振幅、辊子转速、温度等),通过数据分析及时发现设备潜在故障,提前进行维修和保养,避免因设备故障引发抖坯现象。

3.4 针对材料特性的措施

针对80Mn14高锰钢的材料特性,可采取相应措施减少抖坯现象。在冶炼和精炼过程中,严格控制钢水的化学成分,采用合理的脱氧、合金化工艺,减少钢中的气体和夹杂物含量,降低成分偏析程度。例如,通过优化吹氩搅拌工艺,促进钢液成分均匀化;采用真空脱气处理,降低钢中的氢含量。在连铸过程中,调整二次冷却制度,根据高锰钢的凝固特性,优化冷却水量和冷却强度的分布,使铸坯在凝固过程中形成均匀的坯壳,减少

热应力的产生。此外,可考虑在结晶器内施加电磁搅拌技术,改善钢水的流动状态,促进夹杂物上浮,细化晶粒,提高坯壳的强度和均匀性,从而减少抖坯现象的发生。

4 实践案例分析

4.1 案例背景

某钢厂在生产 80Mn14 高锰钢连铸小方坯(断面尺寸 160mm×160mm)时,遭遇了严重的抖坯问题,这一状况给生产带来了诸多负面影响。160mm×160mm 断面尺寸的连铸小方坯,相较于常规尺寸,在凝固过程中热传导与应力分布更为复杂。铸坯表面质量方面,频繁出现的抖坯现象致使铸坯表面产生大量振痕和横向裂纹。振痕使得铸坯表面粗糙,不仅影响外观,还可能成为裂纹萌生点,降低力学性能。横向裂纹则破坏铸坯完整性,增加废品率。内部质量同样受严重影响,中心偏析和缩孔缺陷等级显著升高。中心偏析导致铸坯中心化学成分不均,降低韧性和抗疲劳性能;缩孔缺陷使铸坯内部存在空洞,承受载荷时易引发应力集中,造成铸坯断裂。因上述质量问题,铸坯合格率从原本的 92% 大幅降至 85%,造成原材料和能源浪费,增加生产成本,经现场观察和数据分析发现,抖坯现象主要表现为铸坯在结晶器出口处出现周期性横向振动,振动频率约为 2-3Hz,振幅在 5-10mm 之间波动。这种周期性振动严重影响铸坯正常凝固和成型,是导致铸坯质量下降的直接原因^[4]。

4.2 解决方案实施

在结晶器设计优化方面,将原有的直筒形结晶器更换为抛物线形结晶器。抛物线形结晶器能够更好地适应钢水的凝固收缩特性,使坯壳与结晶器壁之间的接触更加均匀,减少摩擦阻力的波动,从而降低抖坯的可能性。同时,调整保护渣配方,降低保护渣的熔化温度 50℃,优化粘度曲线。合适的保护渣能够在结晶器壁与坯壳之间形成均匀的渣膜,起到润滑和隔热的作用,进一步稳定拉坯过程;在工艺参数调整上,将浇铸温度从 1565 降低至 1555℃ 以减少钢水的过热度 and 收缩率;拉坯速度从 2.0m/min 调整为 1.8m/min,使坯壳有足够的时间形成和增厚,增强坯壳的强度。同时采用非正弦振动,将振动频率从 120 次/min 提高至 150 次/min,振幅从 8mm 调整

为 6mm,优化结晶器与坯壳之间的相对运动,改善润滑效果;在设备维护管理方面,对结晶器振动装置进行全面检修,更换磨损的偏心轮和连杆,校准振动电机,确保振动装置的稳定运行;对扇形段辊列进行重新对中,更换 4 组磨损超标的辊子,保证铸坯在运行过程中的平稳性。另外,在冶炼过程中加强成分控制,优化精炼工艺,降低钢中的氢含量至 2ppm 以下;在连铸过程中调整二次冷却制度,减少铸坯热应力。

4.3 实施效果评估

经过两个月的方案实施,该厂 80Mn14 高锰钢连铸小方坯的抖坯现象得到显著改善。铸坯表面振痕深度从平均 0.8mm 降低至 0.3mm,横向裂纹基本消失;内部质量方面,中心偏析等级从 C 类 1.5 级降低至 C 类 0.5 级,缩孔缺陷等级从 B 类 1.0 级降低至 B 类 0.5 级。铸坯合格率提升至 96%,生产效率提高 12%,年经济效益增加约 500 万元。通过对实施前后的数据对比分析,充分验证了本文提出的解决方案对解决 80Mn14 高锰钢连铸小方坯抖坯现象具有良好的有效性和实用性。

结束语

本文通过对 80Mn14 高锰钢连铸小方坯抖坯现象的深入研究,不仅揭示了其产生的复杂机理,还提出一系列切实可行的解决方案。实践案例的成功应用,充分证明了这些方案的有效性和实用性。未来,随着连铸技术的不断发展,我们仍需持续关注抖坯现象的新变化,不断优化和完善解决方案,以进一步提升铸坯质量和生产效率,满足更广泛的应用需求。

参考文献

- [1]李杰,郭子强.小方坯连铸连轧技术的发展和应[J].河北冶金,2020,17(11):24-27.
- [2]周从锐,熊良友,吴建军,康欣蕾,张立强.定重切割技术在小方坯连铸机上的应用[J].金属世界,2022(06):75-79.
- [3]李建科,梁日成,何杨开.广西钢铁小方坯脱方成因分析与控制措施[J].广西节能,2021(04):58-59.
- [4]郭峻宇,刘志龙,黎莉等.SWRCH22A 冷镦钢铸坯质量改进研究[C]//中国金属学会.冶金工业出版社(Metallurgical Industry Press),2022:338-343.