

连铸机械的维护与故障诊断技术研究

王永

安阳钢铁股份有限公司 河南 安阳 455004

摘要: 连铸机械是钢铁生产关键设备,其稳定运行对生产效率与产品质量至关重要。本文深入剖析连铸机械常见故障类型及成因,系统研究日常维护、定期检修与预防性维护策略,全面探讨基于传统经验、数学模型及人工智能的故障诊断方法,详细阐述振动监测、油液分析等关键诊断及智能故障诊断系统。研究成果为提升连铸机械可靠性、降低故障发生率提供理论与实践依据。

关键词: 连铸机械; 维护策略; 故障诊断

1 连铸机械的结构与工作原理

1.1 连铸机械的组成

连铸机械作为钢铁生产流程中的核心设备,其组成结构复杂且精密,主要由钢包运载装置、中间包及中间包车、结晶器及振动装置、二次冷却装置、拉坯矫直装置、切割装置、铸坯运出装置等部分构成。钢包运载装置负责将炼钢炉中冶炼好的钢水运送至连铸机上方,常见的有行车吊运、钢包回转台等形式。钢包回转台具有节省时间、提高效率的优势,可实现钢包的快速切换。中间包及中间包车起到承上启下的作用,中间包能够稳定钢流、均匀成分,中间包车则可实现中间包的横向移动,方便更换与检修。结晶器是连铸机的关键部件,它是一个无底水冷铜模,钢水在结晶器内初步凝固形成坯壳^[1]。结晶器振动装置通过周期性振动,防止坯壳与结晶器内壁粘连,保证铸坯顺利拉出。二次冷却装置位于结晶器下方,通过向铸坯表面喷水或气水混合物,对铸坯进行强制冷却,使其进一步凝固。拉坯矫直装置负责将铸坯从结晶器中拉出,并对弯曲的铸坯进行矫直,以便后续切割。切割装置根据生产需求,将铸坯切割成定尺长度,常用的切割方式有火焰切割和机械切割。铸坯运出装置则将切割好的铸坯运送至下一生产工序。

1.2 连铸工艺流程

连铸工艺流程是一个连续且有序的过程。首先,经过精炼处理的合格钢水由钢包运载装置运送到连铸机上方,倒入中间包。中间包内的钢水通过浸入式水口平稳地流入结晶器内,在结晶器冷却水的强制冷却作用下,钢水迅速凝固形成一定厚度的坯壳。随着结晶器的振动和拉坯矫直装置的牵引,铸坯不断向下移动,进入二次冷却区。在二次冷却区内,通过调节冷却水量和喷水方式,对铸坯进行不同强度的冷却,使铸坯逐步凝固。当铸坯完全凝固后,由拉坯矫直装置将其矫直,再经过切

割装置切割成规定长度的铸坯,最后由铸坯运出装置将铸坯输送至冷床或其他后续处理区域。整个连铸过程需要精确控制钢水温度、拉坯速度、冷却强度等参数,以确保铸坯的质量和生产效率。

1.3 连铸机械的失效模式

连铸机械在长期运行过程中,由于受到高温、重载、腐蚀等恶劣工况的影响,会出现多种失效模式。磨损是常见的失效形式之一,结晶器内壁与铸坯坯壳之间的相对运动,以及拉坯矫直装置的辊子与铸坯表面的摩擦,都会导致部件表面磨损,降低设备的精度和使用寿命。疲劳失效也较为普遍,结晶器振动装置的连杆、弹簧等部件在周期性载荷作用下,容易产生疲劳裂纹,随着裂纹的扩展,最终导致部件断裂。另外,高温环境会使金属材料发生热变形和热疲劳,降低材料的强度和韧性;腐蚀介质会对设备的金属部件造成腐蚀,削弱部件的承载能力。这些失效模式相互影响,严重威胁连铸机械的正常运行和生产安全。

2 连铸机械在钢铁生产中的重要性

连铸机械在钢铁生产中占据着至关重要的地位,对钢铁企业的生产效率、产品质量和经济效益有着深远影响。从生产效率方面来看,连铸技术摒弃了传统的模铸工艺,实现了钢水连续不间断地铸造成坯,大大缩短生产周期。与模铸相比,连铸生产可使钢水收得率提高5%-10%,生产效率提升数倍。例如,一台大型连铸机的年产量可达数百万吨,这是模铸工艺难以企及的。在产品质量方面,连铸机械能够精确控制铸坯的凝固过程和冷却条件,减少铸坯内部的气孔、缩松等缺陷,提高铸坯的致密度和均匀性。通过合理设计结晶器、二次冷却装置等部件,还可以生产出不同断面形状和尺寸的高质量铸坯,满足后续轧制工序对坯料的严格要求,为生产高品质钢材奠定基础^[2]。经济效益上,连铸工艺减少了生产

环节和设备投资,降低能源消耗和生产成本。由于连铸坯的质量提高,成材率增加,废品率降低,同时减少人力、物力的浪费,使得钢铁企业的利润空间得以扩大。连铸机械的高效稳定运行,还能提高企业的市场竞争力,保障企业在激烈的市场竞争中占据优势地位。

3 连铸机械常见故障类型及成因分析

3.1 机械故障

连铸机械的机械故障主要包括部件磨损、断裂、变形等,其成因复杂且相互关联。部件磨损方面,结晶器内壁与铸坯坯壳长期摩擦,加上高温钢水的侵蚀,导致内壁材料损耗,表面粗糙度增加,进而影响铸坯表面质量,产生裂纹、凹陷等缺陷。拉矫辊与铸坯表面的接触压力及相对滑动,同样会造成辊面磨损,使辊径减小、圆度超差,降低拉坯精度。断裂故障多因部件长期承受交变载荷,如结晶器振动装置的连杆在高频振动下,应力集中部位易萌生疲劳裂纹;拉坯矫直装置的传动链条、齿轮若材质存在夹杂物、气孔等缺陷,在冲击载荷作用下,也会发生脆性断裂。变形故障则常见于高温环境下的部件,中间包钢结构框架受高温钢水辐射,材料强度下降,产生热变形,导致中间包倾斜、水口偏移,影响钢水流动稳定性。

针对机械故障,需采取多元化解决方案。对于磨损部件,可采用表面喷涂耐磨材料(如碳化钨涂层)、堆焊修复等技术,恢复部件尺寸精度;定期更换磨损严重的结晶器铜板、拉矫辊,建立备件寿命管理档案。面对断裂问题,优化部件结构设计,减少应力集中区域;加强原材料质量检测,采用无损探伤技术(如超声波探伤、磁粉探伤)筛查材料缺陷。针对变形故障,在设备关键部位安装温度监测装置,实时监控温度变化;对中间包框架进行隔热改造,增设水冷降温系统,延缓热变形进程。

3.2 电气故障

电气控制系统故障主要涉及电机与控制元件。电机绕组因绝缘老化、短路导致过热烧毁,拉坯电机故障会中断生产。电气元件如接触器触点氧化、继电器线圈烧毁,影响电路通断。应定期检测电机绝缘电阻,更换老化元件,优化控制系统冗余设计。

3.3 液压与气动系统故障

液压系统泄漏、压力不足问题突出。管路接头松动、密封件老化引发泄漏,污染的油液堵塞过滤器、磨损阀件。气动系统存在气源压力不稳、气缸漏气现象。需加强密封件检查更换,定期过滤油液,安装压力传感器监测系统压力。

3.4 其他故障

除了上述故障类型外,连铸机械还可能出现一些其他故障。例如,设备的润滑系统故障,若润滑油供应不足或润滑管路堵塞,会导致部件之间的摩擦加剧,加速磨损。自动化控制系统的软件故障,如程序崩溃、数据丢失等,会使设备的自动化控制功能丧失,影响生产的连续性和稳定性。环境因素如粉尘、潮湿等也可能对设备造成损害,引发故障。

4 连铸机械的维护技术研究

4.1 日常维护与三级点检制度

日常维护依托三级点检体系,筑牢设备安全防线。岗检由岗位操作人员执行,通过“听、看、摸、测”等手段,每小时对设备进行巡检,重点检查结晶器振动频率、拉矫辊转动声音、设备表面温度等直观参数,及时清理设备表面钢渣、粉尘,记录设备运行状态。巡检由班组技术人员负责,每日按既定路线对连铸机关键设备(如结晶器、二次冷却装置)进行深度检查,利用便携式测温仪、测振仪检测设备运行参数,排查润滑管路堵塞、部件松动等隐患,填写巡检记录。点检员作为专业维护力量,每周对设备进行全面点检,拆卸检查结晶器铜板磨损、拉矫辊轴承间隙等关键指标,运用无损检测技术评估部件内部缺陷,建立设备健康档案,为维护决策提供数据支撑^[3]。

日常隐患消缺强调闭环管理,操作人员发现设备异响、振动异常等隐患后,立即上报班组,技术人员组织评估风险等级,制定消缺方案。对于紧急隐患(如结晶器漏水),启动应急预案,停机处理;一般隐患则纳入检修计划,明确责任人与完成时间。消缺完成后,由点检员验收确认,通过拍照、检测数据对比等方式留存记录,确保隐患彻底消除,形成“发现-上报-处理-验收”的全流程管理。

4.2 定期检修

根据设备的使用情况和制造商的建议,制定合理的定期检修计划。在定期检修过程中,对设备的关键部件进行拆卸检查,如结晶器、拉矫辊、传动链条等,测量部件的磨损程度、尺寸精度等参数,判断部件是否需要更换或修复。对电气控制系统进行全面检测,检查电气元件的性能、线路的连接情况等,清理电气柜内的灰尘,紧固接线端子,确保电气系统的安全可靠运行。对液压与气动系统进行压力测试、泄漏检测等,更换老化的密封件和液压油,清洗过滤器,保证系统的正常工作压力和流量。通过定期检修,可以及时发现设备潜在的问题,消除故障隐患,延长设备的使用寿命。

4.3 预防性维护

预防性维护是一种基于设备状态监测和故障预测的维护方式。利用先进的监测技术,如振动监测、温度监测、油液分析等,对连铸机械的运行状态进行实时监测,收集设备运行过程中的各种数据。通过对这些数据的分析和处理,预测设备可能出现的故障,提前采取维护措施,避免故障的发生。例如,通过振动监测可以分析设备的振动频率和幅值,判断设备是否存在不平衡、不对中、轴承损坏等故障;通过油液分析可以检测液压油和润滑油的性能指标,了解设备部件的磨损情况和油液的污染程度。预防性维护能够提高设备的可靠性和可用性,减少设备停机时间,降低维护成本,是一种更加科学、高效的维护方式。

5 连铸机械的故障诊断技术

5.1 故障诊断方法分类

连铸机械的故障诊断方法可分为基于传统经验的诊断方法、基于数学模型的诊断方法和基于人工智能的诊断方法。基于传统经验的诊断方法主要依靠维修人员的经验和感官判断,通过听设备运行声音、观察设备运行状态、触摸设备温度等方式,对故障进行初步诊断。这种方法简单易行,但诊断结果的准确性依赖于维修人员的经验水平,主观性较强。基于数学模型的诊断方法是通过建立设备的数学模型,利用设备的运行参数和数学算法,对设备的状态进行分析和诊断。例如,利用传热学模型分析铸坯的凝固过程,判断冷却系统是否正常;利用动力学模型分析拉坯矫直过程,诊断传动系统是否存在故障。这种方法具有一定的科学性和准确性,但对数学模型的建立和参数的选取要求较高。基于人工智能的诊断方法是近年来发展起来的新型诊断技术,包括神经网络、专家系统、模糊逻辑等。这些方法能够模拟人类的思维和判断过程,对复杂的故障进行智能诊断。例如,神经网络可以通过学习大量的故障样本数据,自动识别设备的故障模式;专家系统可以利用专家的知识 and 经验,对故障进行快速诊断和决策。

5.2 关键故障诊断技术

通过在设备的关键部位安装振动传感器,实时采集设备运行过程中的振动信号,然后对振动信号进行频谱分析、时域分析等处理,提取故障特征信息,判断设备是否存在故障以及故障的类型和程度。例如,当拉矫辊出现轴承损坏故障时,其振动信号的频谱会出现特定频

率的峰值。油液分析技术也是重要的故障诊断手段。通过对液压油和润滑油进行取样分析,检测油液的粘度、酸值、水分、金属磨粒等指标,可以了解设备部件的磨损情况和油液的污染程度。例如,油液中金属磨粒的含量和成分可以反映出设备哪些部件发生了磨损,以及磨损的严重程度^[4]。红外热像技术利用物体表面的热辐射特性,通过红外热像仪检测设备表面的温度分布情况,从而发现设备的热故障。例如,当电气元件接触不良或电机过载时,其表面温度会升高,通过红外热像仪可以直观地检测到温度异常区域,及时发现故障隐患。

5.3 智能故障诊断系统

智能故障诊断系统是将多种故障诊断技术和人工智能方法相结合,构建的一个综合性故障诊断平台。该系统能够实时采集连铸机械的各种运行数据,包括温度、压力、振动、电流等参数,然后利用人工智能算法对数据进行处理,自动识别设备的故障模式,给出故障诊断结果和维修建议。智能故障诊断系统还具有故障预测功能,通过对设备历史数据和运行趋势的分析,预测设备未来可能出现的故障,提前采取预防措施。另外,该系统可以与连铸机械的自动化控制系统进行集成,实现故障的自动报警和设备的自动保护,提高连铸机的运行安全性和可靠性。随着人工智能技术的不断发展,智能故障诊断系统将在连铸机械的故障诊断和维护中发挥越来越重要的作用。

结束语

本文系统完成连铸机械维护与故障诊断技术研究,明确不同维护策略与诊断方法的应用价值。这些技术有效保障连铸机械稳定运行,降低企业生产损失。未来,随着工业智能化发展,需持续优化维护策略,深化人工智能在故障诊断中的应用,推动连铸机械技术向更高效、智能方向迈进。

参考文献

- [1]廖辉.连铸机轻压下拉矫机结构设计与性能优化研究[J].冶金与材料,2023,43(12):49-51.
- [2]边裕智.连铸机二冷风机的故障诊断与解决措施[J].设备管理与维修,2023,(23):63-64.
- [3]王磊.陈静.预测维护技术在制造业中的应用与挑战[J].自动化技术与应用,2023,42(6):45-50.
- [4]张小华.刘峰.故障诊断与预测维护的集成研究进展[J].设备管理与维修,2023,31(9):98-104.