

连铸电磁搅拌器本体冷却水泄漏分析

朱科

(河钢集团邯钢公司一炼钢厂 河北 邯郸 056015)

摘要:作为一种可以有效改善铸坯组织形态的技术手段,电磁搅拌技术在钢的连铸工艺过程中受到广泛关注,电磁搅拌器已广泛应用于钢铁厂连铸生产。本文通过描述电磁搅拌器冷却水泄漏因素及分析,电磁绕组绕制接口工艺对水冷系统的影响,冷却水路连接管件的选择等问题,分析连铸电磁搅拌器本体冷却水泄漏的原因及应对措施。

关键词:电磁搅拌器本体;冷却水;泄漏分析

0 引言

在钢的连铸过程中,电磁搅拌能够使钢液产生强制流动,使铸坯的高温区与低温区混合,过热度尽快消失,固液相温度梯度减少,并折断树枝晶,增加结晶核心及等轴晶数量,从而可以控制铸坯的凝固过程,改善硬化组织,提高铸坯的质量。因此,在钢铁材料硬化组织的均匀化研究中,电磁搅拌技术可以改善钢材的硬化组织,扩大分点晶区,减少宏观偏析,是一种重要的研究方法。

电磁搅拌器中的磁场会受模具铜板厚度、磁轭调整、电流强度、钢水导电率、滑移、气隙等因素的影响。磁损耗比较严重,电磁搅拌器的功率利用率很低。因此,对电磁搅拌器中的磁场进行模拟优化,可以改善电磁搅拌器中的磁场分布,改善电磁湍流的效果,提高铸坯的质量,进而可以减少磁通量,降低能量消耗和增加能源消耗,提高使用效率。

电磁搅拌器已广泛应用于炼钢厂连铸生产,能有效减少铸坯内部偏析、疏松等、提高铸坯质量。电磁搅拌器稳定运行的关键是水冷系统,因而避免电磁搅拌器内部冷却水的泄漏尤为重要。本文针对空心铜管内冷式电磁搅拌器,从多方面分析导致冷却水泄漏的原因及应对措施。

1 电磁搅拌器的应用情况

空心铜管内冷式电磁搅拌器,安装于连铸机结晶器区和二冷凝固末端区域。冷却水由配套供水泵组及分流管路提供,泵组出口压力 $0.6 \sim 1.0\text{MPa}$,电磁搅拌器本体空心铜管绕组流量 $> 2.5\text{m}^3/\text{h}$,绕组出水温度 $< 65^\circ\text{C}$ 。对于凝固末端电磁搅拌器本体,除绕组冷却

水满足上述要求外,外壳冷却水要求流量 $> 2.5\text{m}^3/\text{h}$,外壳出水温度 $< 70^\circ\text{C}$ 。热铸坯生产时,凝固末端电磁搅拌器安装区域,温度普遍在 800°C 以上。电磁搅拌器的运行电流根据不同安装位置、不同钢种的需求,电流设定在 $250 \sim 500\text{A}$,频率在 $2.5 \sim 6\text{Hz}$ 。运行时需要电磁搅拌器内部电磁线圈绕组管路充分冷却,带走绕组电磁发热量,以确保线圈绕组的正常通电工作。

2 冷却水泄漏因素及分析

电磁搅拌器主要由产生电磁场的电磁感应器、保护电磁感应器的外壳体及冷却电磁感应器的冷却水路组成。6块绕组,每2块绕组为一相,需要进行铜管绕组与冷却水路的连接,仅6块绕组就有12个进出水管口,加上搅拌器内筒和上下端盖冷却水路,内部管路接头有20个以上,如图1所示。

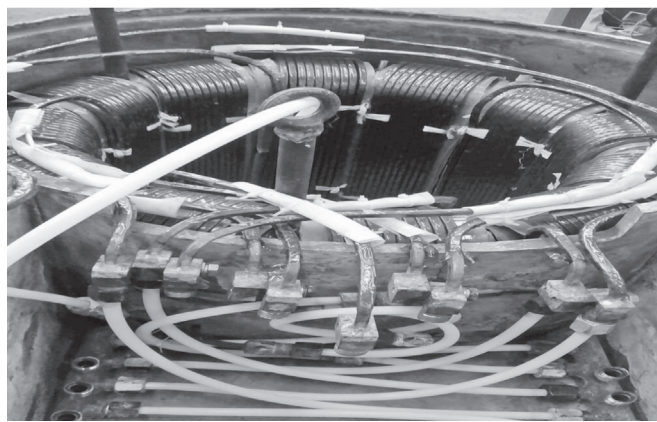


图1 电磁搅拌器本体内部图

2.1 电磁绕组绕制接口工艺对水冷系统的影响

6块绕组,每相两2绕组首末端配管至接线盒,在接线盒区域进行电气连接及进出水水路接口连接,避免

水路接口及电气连接在搅拌器内部即绕组定制位置周边进行。结合连铸机现场安装空间,接线盒尺寸尽可能加长制作,便于绕组水路接口、电气连接部分在接线盒部位有足够的空间进行排管布局组装,且保证水管路、绕组接头有足够的间隙,进行组装完成后的硅胶灌制。加强接口部分的稳定性,确保绝缘间隔及散热效果,减少因搅拌器内部过热,引发的不确定性膨胀,将管路挤出变形断裂。

2.2 冷却水路连接管件的选择

连接水管路宜选择热膨胀系数小,韧性高、耐高温的绝缘材质,如 F46 聚四氟乙烯六氟丙烯管,耐温可达 260℃,电绝缘性能稳定,介电系数从深冷到最高温度,从 50Hz 到 1010Hz 超高频的宽广范围几乎不变,电阻率高,且随温度变化甚微,不受水汽、潮气的影响。应用现场使用这种材质的连接水路管,可以在一定程度上弥补水冷系统冷却水电导率不足的限制。

管路接头,用于绝缘 F46 管件与金属管路的连接。F46 管件的一端连接电磁绕组线圈首末端接口,另一端连接冷却水汇流管路接口。管路接头与 F46 管路的咬合形式、咬合深度、锁紧形式等,都会对漏水造成潜在的影响。图 2、图 3 所示为 F46 管与汇流管分支接头



图 2 F46 管与汇流管分支接头处断裂



图 3 F46 管断裂实物局部图

处断裂图。

2.3 电磁搅拌器内部管路装配后的检验

装配完毕的气密性检验,按 1.5 倍工作压力,保压 8h 以上,管路接头处涂抹肥皂水辅助检验。在硅胶灌注完毕,凝固期间,再进行一次气密性检验,检查硅胶面有无气泡形成,那可能是未发现的潜在的管路接头泄漏点。但此检验是在常温气态下密闭进行的,不能模拟应用现场的实际使用工况,泄漏隐患仍可能存在,因而更为接近工况的检验方法仍需在有条件的情况下进行。此外,交付使用前,进出水口必须密封,直至上线安装。

2.4 电磁搅拌器应用现场的安装因素

2.4.1 外部杂物进入搅拌器内部导致堵塞引发的漏水

在应用安装现场,外部进出水管路在与电磁搅拌器连接前,必须通水清理,以便冲出管路里可能存在的杂物颗粒。炼钢厂内现场存在钢渣、保护渣等杂物,而上述杂物颗粒极易进入管路,连接通水后进入搅拌器本体内部,将会造成搅拌器内部管路堵塞。

2.4.2 外部管路堵塞,造成搅拌器内部缺水引发的漏水

对于无法使用纯净水或电导率低的冷却水时,搅拌器进水口不易安装过滤器,由于过滤器的堵塞造成搅拌器内部分流管路的水流量偏低,在搅拌器通电运行时,电磁绕组的大电流发热,或因缺水绕组短路熔断引发大漏水,或管路内水气混合状态,冷却水高温气化,熔断 F46 绝缘管路,引发漏水。

2.5 使用操作因素

电磁搅拌器在通电使用前,应先开启冷却循环水,这一点在电磁搅拌器安全操作规程中有明确要求,也有相应的出水流量联锁保护控制。但往往漏水多发生在再次开泵通电运行后,分析有两方面原因。

(1) 电磁搅拌器内部没有充分通水冷却。由于其内部分支管路数量多,单凭搅拌器出水口侧的流量计不能真实反映是否所有支路都充分通水,因而在启泵后,应在冷却水流量达到要求流量值且稳定运行 10min 以上,再通电运行电磁搅拌器。经查电磁搅拌运行监控系统趋势,多次发生启泵即通电启动电磁搅拌器的情况,而后发生电磁搅拌器内部管路烧断,引发漏水,如图 4 所示。

(2) 对于冷却水质不好的使用现场,停泵后,供水泵组主水箱内泥沙沉积,再次启泵初期,大量泥沙颗粒会卷入电磁搅拌器本体内部,细小的泥沙颗粒需经过一段时间才能冲出电磁搅拌器本体。这也再次说明,需要充分通水达到要求流量值且稳定运行 10min 以上。此外,泥沙堵住电磁搅拌器内部管路的情况也时有发生,如图 5 所示。

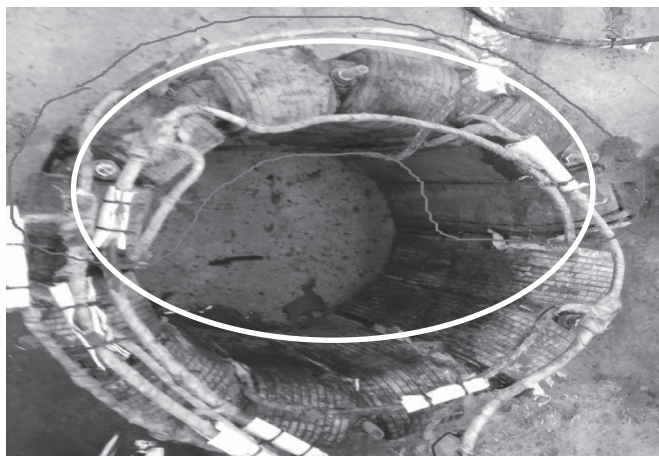


图 4 图内圈中是因缺水烧损的绕组



图 5 堵塞的 F46 冷却管路

2.6 冷却水水质的影响及应对方法

电磁搅拌器本体对冷却水质的要求, pH 为 6.5 ~ 8.5, 电导率 $< 50 \mu\text{s}/\text{cm}$, 悬浮物最大直径 $< 0.5\text{mm}$ 。当导致漏水的因素得不到根治时, 使用纯净水成本太高, 往往会寻找其他水源, 如连铸结晶器水、连铸二冷水等。对于空心铜管水冷式电磁搅拌器, 使用开放式闭路循环二冷水极易导致搅拌器内部管路堵塞。使用结晶器水较二冷水稍好, 但长期循环使用, 泥沙沉积较多。因此要定期清理水泵组水箱。还可以在结晶器水补水进入水箱前加过滤器, 结晶器水优先补水进入补

水箱, 补水箱加高, 同时将补水箱水进入主水箱由通常的泵抽改为高位溢流, 将泥沙主要沉积在补水箱底。补充箱需要考虑采用主水箱高位浮子控制溢流补水和主水箱故障低水位自动控制启泵补水相结合的方式。

3 结语

连铸机电磁搅拌器冷却水系统的稳定使用至关重要, 应协同搅拌器本体、外部管路、供水泵组、水源等方面全面考虑, 使设备可靠运行, 保障持续稳定生产。

参考文献:

- [1] 刘伯川, 王楠. 电磁搅拌设备在天钢 4# 板坯连铸机的应用 [J]. 天津冶金, 2016(z1): 47-50.
- [2] 杨万良, 李京社, 刘威, 等. 77B 方坯连铸过程的凝固传热现象研究 [J]. 工业加热, 2015(5): 30-33.
- [3] 李雪静. 凝固末端电磁搅拌器的应用 [J]. 机械工程师, 2010(6): 153-154.
- [4] 李建超, 尹永昌, 王宝峰. 连铸板坯二冷区辊式电磁搅拌器搅拌方式模拟 [J]. 特种铸造及有色合金, 2013, 33(4): 302-305.
- [5] 俊之添岛, 骆吟春. 电磁搅拌在连铸生产中的应用 [J]. 长城技术, 1990(2): 80-89.
- [6] 麻永林, 贺友多, 徐光尧, 等. 连铸电磁搅拌器磁场的有限元分析 [J]. 包头钢铁学院学报, 1997(3): 193-197.
- [7] 陈卫东, 蔡岳洪. 方坯连铸结晶器电磁搅拌装置 [J]. 岳阳师范学院学报 (自然科学版), 2002, 15(2): 27-30.
- [8] 徐亚超. 方坯连铸结晶器电磁搅拌控制系统 [J]. 吉林冶金, 2017(1): 36-39.
- [9] 王惠民. 冶金连铸电磁搅拌器 [J]. 设备管理与维修, 2003(2): 53-53.
- [10] 王连锋, 史学玉, 岳峰, 等. 结晶器电磁搅拌在矩形坯连铸机上的应用 [J]. 连铸, 2006(4): 34-35.