

低压铸造机加热系统故障排查

张鹏飞

三门峡戴卡轮毂制造有限公司 河南 三门峡 472000

摘要: 低压铸造是铝合金轮毂生产的主流工艺,保温炉内铝液温度的稳定性直接决定轮毂铸造质量,温度波动过大易造成铸件内外质量缺陷。本文针对低压铸造机保温炉加热系统的构成进行梳理,分析生产中常见的温度异常、加热失效等故障现象及成因,结合实际生产经验提出针对性的故障判断方法与解决对策,旨在提升设备维修效率,减少故障停机时间,保障铸造生产工艺的稳定性。

关键词: 低压铸造机;加热系统;故障排查;温控表;调功器

引言: 在国内轮毂制造业竞争日趋激烈的背景下,低压铸造凭借成型质量好、生产效率高的优势,成为铝合金轮毂生产的核心工艺。低压铸造机加热系统由加热部分与温度显示部分组成,二者协同作用实现铝液温度的精准控制,一旦系统出现故障,将直接导致铝液温度异常,进而影响铸造毛坯质量。本文从加热系统的核心元件构成出发,明确各元件使用注意事项,梳理常见故障类型,并制定系统的故障排查与解决方案,为设备日常维护与故障处理提供技术参考。

1 低压铸造机加热系统主要组成元件

低压铸造机保温炉加热系统由检测、控制、加热、辅件四类元件构成,各元件规格与功能相互匹配,共同实现温度的检测、信号传输与加热控制,核心组成如下:1.1 温度显示元件:铝液温度采用SR93-8V模拟量输出温控表,炉气温度采用SR93-8Y继电器输出温控表;

1.2 温度检测元件:铝液温度检测为 $\Phi 3 \times 1800\text{K}$ 分度热电偶1根,炉气温度检测为 $\Phi 3 \times 600\text{K}$ 分度热电偶1根;

1.3 信号传输元件:K型温度补偿导线(2×1)8米1根;

1.4 热电偶保护元件:碳化硅热电偶保护管 $\phi 60 \times 780$ 1根;

1.5 电气保护元件:保险RS31125A3个;

1.6 控制元件:泰矽T6-5-4-125AFT加热调功器1台;

1.7 加热元件: $\phi 50 \times 800 \times 450$ 硅碳棒3根(额定功率30KW),及配套保护管、编织导电带、卡具;

1.8 电气连接元件:耐高温电缆线、铜线鼻子、接线柱、瓷柱。

系统工作原理为:保温炉采用了炉膛空气温度和铝液温度2个温控表来控制,铝液温度使用SR93-8V温控表,炉膛温控表SR93-8Y。当炉膛温度高于设定温度时断开接触器,直到低于设定温度将再次启动。铝液温控表控制温控器模块,当温度达到设定值时,功率降低,超过设定温

度一定值后,关断温控器输出,停止加热。炉气热电偶作为辅助检测元件,实时监测炉内气体温度,主要用于防止铝液超温,同时保护炉衬,进一步提升设备运行安全性^[1]。

2 加热系统核心元件使用注意事项

各元件的规范使用是保障加热系统稳定运行的基础,针对硅碳棒、热电偶、温控表、调功器等核心元件,结合其材质与工作特性,明确以下使用注意事项:

2.1 硅碳棒

硅碳棒是以碳化硅为主要原料,经高温硅化再结晶、烧成的非金属高温电热元件,其存放、安装与使用需遵循规范操作,具体要求如下:

2.1.1 存放时做好防潮处理,受潮易断损;若棒端部白色镀铝潮解脱落,需重新喷铝,也可在棒与金属卡夹间垫铝箔纸使用。

2.1.2 安装前确认硅碳棒端部阻值(硅碳棒上出厂时标注,若不清晰,需返厂重新确认阻值),为保证炉温均匀及元件负荷平衡,每组硅碳棒阻值偏差不得超过10%。

2.1.3 保温炉初次通电运行时,先以额定工作电压的1/2左右送电一段时间,再逐步升压,严禁一次性加满负荷,防止电流过大导致硅碳棒炸裂。

2.1.4 更换长期使用后损坏的硅碳棒,需根据电阻增长情况选配阻值符合要求的新棒,尽量避免新旧棒混用。

2.1.5 严禁超负荷使用,若出现断裂、发热不均、局部白炽或暗红等现象,说明硅碳棒老化不一致、电阻偏差过大,需停炉检修更换,建议整组更换新棒;硅碳棒正常使用寿命为3-6个月。

2.2 热电偶

保温炉采用K型热电偶,其抗氧化性强,适用于氧化性、惰性气氛连续使用,最佳测温范围 $\leq 1000^\circ\text{C}$;当测温温度超过 1000°C 时,热电偶会发生铬择优氧化,热电势缓慢降低,该变化具有隐蔽性,易造成温控失准,需

严格控制测温范围。

2.3 SR93温控表

需按照厂家提供的参数表设置好温控表参数。现场使用偏差报警模式(Hd、Ld),即设置目标值(SV)和测量值(PV)偏差的报警动作点。例如:目标值(SV)为20℃,需要测量值(PV)超过30℃时报警,只需设置上限偏差报警10℃即可。又如,目标值(SV)为100℃,需要测量值(PV)低于30℃时报警,只需设置下限偏差报警-70℃即可^[2]。

2.4 温度补偿导线

热电偶需配套使用K型温度补偿导线,输入信号线应远离仪器电源线、动力电源线及负载线,防止杂讯干扰;补偿导线损坏时需整体更换,严禁对接使用,否则会导致温度测量数据失真。

2.5 加热调功器

加热调功器的工作环境温度需 < 55℃,若环境温度过高,会导致调功器内部温升过高而停机,需保证设备安装环境的通风散热。调功器内部主要由可控硅模块、控制电路板、散热风扇及保护回路组成,长期在高温、多粉尘环境下运行易造成元件老化、散热不良及触发异常。日常使用中应定期清理散热器及风扇上的粉尘,检查风扇运转是否正常,确保散热通道畅通。同时,应避免调功器长期满负荷运行,防止可控硅模块过热损坏,保证加热功率输出稳定可靠;此外,调功器接线需牢固规范,避免虚接引发局部过热,损坏内部模块^[3]。

3 加热系统常见故障现象

在实际生产过程中,加热系统的故障主要集中在加热失效、温度检测偏差、温控不稳定、电气参数异常等方面,具体常见故障现象如下:

3.1 硅碳棒一相或两相不能加热,加热功率不足;

3.2 硅碳棒三相均无法工作,系统完全停止加热;

3.3 铝液温度显示值与实际值偏差超过10℃,出现偏高或偏低现象;

3.4 铝液温度控制过程不稳定,低于设定温度时加热无法及时启动,或高于设定温度上限时加热长时间无法停止;

3.5 硅碳棒加热时,温控表设定功率低,但电流接近100A,导致保险盒烧坏;

3.6 硅碳棒加热正常、电流在工艺范围内,但保温炉内铝液温度无法提升;

3.7 三相硅碳棒加热电流偏差过大,负荷不平衡;

3.8 显示温度与实际温度温差大,测温数据严重失真。

4 常见故障的判断与解决对策

针对加热系统的各类常见故障,遵循“先判断故障区

域、再排查具体元件”的原则,结合仪表检测、元件替换、参数核对等方法,制定针对性的故障排查与解决对策。

4.1 硅碳棒一相或两相不能加热

此类故障需先区分故障区域为炉膛侧或电柜侧,判断依据为调功器是否有电压输出。

4.1.1 调功器有电压输出:故障为炉膛侧异常,排查方向为调功器至保温炉的加热导线、硅碳棒、导电带/铜线鼻子。①加热导线损坏开路:用万用表检测导线导通性,损坏原因为元件到达使用寿命或拖链使用不当,需更换合格加热导线;②硅碳棒烧断:抽出硅碳棒直观检查,更换烧断硅碳棒;③导电带/铜线鼻子烧坏:检查并更换损坏元件,烧坏主因是侧盖密封不严或固定螺丝未拧紧,导致发热量增大、高温损坏,更换后需做好密封并拧紧螺丝。

4.1.2 调功器无电压输出:故障为电柜侧异常,依次排查电柜内连接导线、保险、加热接触器、加热温控表、调功器。

调功器维修方法:调功器由R/S/T三相保险、可控硅及控制电路板组成,断电后将电路板上3个4芯插头对调排查故障点。以R相不加热为例,将S/T相与R相插头对调:①若R相恢复加热、S/T相停止加热,判断为控制电路板异常,更换电路板或外修;②若R相仍不加热、S/T相加热正常,判断为R相保险及可控硅异常,更换对应保险与可控硅。

4.2 硅碳棒三相不加热

此类故障为系统整体加热失效,需按“参数-信号-电气元件”的顺序排查:

4.2.1 核对铝液温度、炉气温度是否超温,检查SR93温控表参数设置是否正常,超温时系统会自动停止加热,参数错误需重新配置;

4.2.2 检查炉门限位信号是否正常,炉门信号缺失时系统联锁保护,禁止加热,需修复限位信号;

4.2.3 检测接触器控制信号是否正常,查看接触器是否正常吸合,信号缺失或接触器卡滞需对应修复/更换;

4.2.4 检查三相保险是否全部损坏,损坏则统一更换;

4.2.5 确认温控表是否有控制信号输出至调功器,信号缺失需排查温控表与信号传输线路。

4.3 铝液温度显示与实际值偏差超10℃

故障核心为温度检测与信号传输环节异常,优先排查热电偶与补偿导线,采用替换法与短接法验证:

4.3.1 热电偶异常:通过替换合格K型热电偶验证,若替换后温度显示正常,说明原热电偶老化或损坏,需更换;

4.3.2 补偿导线接反:K型补偿导线需红色接“+”、蓝色接“-”,接反会导致显示温度比实际低约30℃,需重新正确接线;

4.3.3 补偿导线损坏：将补偿导线从热电偶处短接，正常情况下温控表显示温度约30℃，若偏差过大则为导线损坏，需整体更换；

4.3.4 严禁用普通导线替换补偿导线，或对接加长补偿导线，长度不足时需更换整根合格导线。

4.4 铝液温度控制过程不稳定

故障主要源于温控表的参数或元件本身异常，排查步骤为：

4.4.1 重新核对温控表的输入、输出、功率调节等参数，确认参数设置与生产工艺要求一致，参数错误需重新设定；

4.4.2 若参数无误，采用替换法将故障温控表更换为合格仪表，若温控恢复稳定，说明原温控表内部元件故障，需维修或更换。

4.5 加热电流过大/保险盒烧坏

此类故障为电气参数与元件匹配异常，排查与解决：

4.5.1 温控表输出功率设置不当：重新调整温控表功率参数，匹配硅碳棒额定功率；

4.5.2 硅碳棒阻值异常：阻值过大或过小均会导致电流失衡，更换阻值合格的硅碳棒；

4.5.3 硅碳棒保护管断裂：保护管断裂后硅碳棒表面粘铝，导致电阻异常、电流过大，需同时更换保护管与硅碳棒。

4.6 硅碳棒加热正常但铝液温度升不起

故障并非加热元件失效，而是功率设置、元件阻值或设备密封问题，解决对策：

4.6.1 温控表输出功率设置过低：重新调高功率参数，保证加热功率满足铝液升温需求；

4.6.2 硅碳棒阻值过大：阻值过大导致实际加热功率不足，更换阻值合格的硅碳棒；

4.6.3 保温炉漏气：炉体漏气导致热量大量散失，排查并处理保温炉所有漏气点，做好密封处理。

4.7 三相硅碳棒加热电流偏差大

核心成因为硅碳棒阻值偏差过大。硅碳棒在使用过程中，表面SiC与炉内氧气反应生成SiO₂和CO₂，SiO₂会阻碍电流传导，导致导体截面积减小、电阻值增大；若新旧棒混用或硅碳棒初始阻值偏差大，会造成单根硅碳棒过载运行，加速老化损耗，进一步扩大电阻偏差。

解决对策：建议统一更换新棒，避免新旧棒混用；日常维护中定期检测硅碳棒电阻，在使用寿命到期前更换，防止阻值异常导致电流失衡。

4.8 显示温度与实际温度温差大

显示温度与实际铝液温度偏差过大，是低压铸造保

温炉加热系统中典型的温度检测类故障，直接影响温控精度与铸件质量。常见原因及处理措施如下：

4.8.1 热电偶腐蚀严重：长期在高温环境下工作或者与铝液直接接触，热电偶易发生氧化、腐蚀、劣化，造成测温失准。所以热电偶保护管必须保证完好，日常需定期确认热电偶保护管无破损、裂纹。处理方法：更换新热电偶及保护套；

4.8.2 热电偶插头接触不良：插头松动、氧化、积碳会导致信号传输不稳定，温度显示跳变或偏差大。处理方法：清洁插头、紧固接线，确保接触良好；

4.8.3 热电偶补偿导线腐蚀：补偿导线外皮破损、线芯腐蚀会导致干扰或阻值异常，造成温度显示失真。处理方法：整体更换补偿导线，禁止对接修复；

4.8.4 热电偶补偿导线接反：若显示温度比实际温度偏低约35℃，多为补偿导线正负极接反。K型补偿导线红色为正极“+”，蓝色为负极“-”，需按极性重新正确接线；

4.8.5 用普通导线代替补偿导线：普通导线无温度补偿功能，会产生较大测量误差。处理方法：拆除普通导线，更换为专用K型热电偶补偿导线；

4.8.6 温控表内部参数设置异常：输入类型、量程、PID参数错误会导致显示与控制异常。处理方法：对照仪表说明书，重新核对并设置参数；

4.8.7 温控表本身异常：仪表内部电路、模块损坏会造成温度显示失真。处理方法：采用替换法验证，确认后更换温控表。

结束语

低压铸造机保温炉内铝液温度的稳定控制，依赖于加热系统各元件的协同工作，检测、控制、加热、传输环节中任一元件出现问题、线路异常或参数失准，均会导致铝液温度波动、失控，进而直接影响铝合金轮毂的内部组织致密性与外观成型质量，甚至引发批量铸件报废。设备运维人员需熟练掌握系统构成与工作原理，精准定位故障点与核心成因，针对性开展维修处理，才能高效解决问题。同时，设备检修与维护需严格遵照产品使用说明与操作规范执行，实现铝液温度精准可控，提升轮毂产品合格率，降低生产损耗，保障生产线连续高效运转。

参考文献

- [1]秦皇岛信越智能装备有限公司.低压铸造机使用说明书[Z].秦皇岛:秦皇岛信越智能装备有限公司,2021:36-55.
- [2]昌晖仪表.岛电SR90系列温控表中文说明书[Z/OL].昆明:昌晖仪表,2021:23-27.
- [3]泰矽电子有限公司.T6/T6S系列SCR电力调整器(调功器)产品技术手册[Z].东莞:泰矽电子有限公司,2024:3-5.