

氧化铝焙烧工序能耗优化及节能降耗工艺改进分析

王均

中铝山西新材料有限公司 山西省

043304

摘要：氧化铝焙烧属于氧化铝生产流程中的高耗能核心环节，焙烧环节的能源耗费直接关联到企业的生产成本和生产效益，而且会左右行业的绿色生产发展水平。目前我国氧化铝生产企业焙烧工序普遍存在热能利用率低、设备运行参数匹配度不高等问题，造成大量的能源浪费。为了有效地降低生产能耗提高企业的经济效益，本文根据氧化铝焙烧工序的生产原理和工艺流程，对焙烧工序能耗偏高的原因进行系统的分析，并对焙烧工序生产过程中出现的典型能耗问题进行梳理。针对节能改进措施展开针对性的探究工作，从中找出可行的节能降耗实施途径。以提高氧化铝焙烧工序的能源利用率，促进氧化铝行业的节能降本和绿色低碳发展为目的。

关键词：氧化铝；焙烧工序；能耗优化；节能工艺

引言

氧化铝工业属于高耗能的基础原材料产业，在电解铝生产和工业建材制造中起着核心作用。焙烧工序属于氧化铝生产终端重要环节，担负着氢氧化铝脱水结晶、形成成品的主要工作，要不断耗费大量的热能和电能，是全厂能耗占比较大且比例较高的生产工序。伴随着国家双碳政策的持续推进，工业领域节能降耗绿色转型的力度越来越大，氧化铝行业的能耗管控标准也越来越严格。传统的焙烧生产方式依靠经验来控制工艺参数，参数的匹配不合理，设备运行时损耗大，能源浪费严重。分析焙烧工序能耗的原因，改进生产工艺和设备运行方式，对降低企业生产成本、提高行业的绿色生产水平有重大意义。

1 氧化铝焙烧工序高能耗成因分析

1.1 工艺运行参数匹配不合理

大部分氧化铝生产企业焙烧工序参数调节依靠人工经验，参数匹配的精细度不高。炉内温度区间设置不合理，温度过高会造成燃料的无效消耗，温度过低容易造成物料反应不完全需要二次返工^[1]。炉膛通风风量风压控制失衡，风量过大会带走大量的炉内热能，风量过小会造成燃料燃烧不充分。

1.2 设备换热效率偏低热损耗严重

长期运行的焙烧设备都会存在换热部件老化、积灰、结垢等问题，从而直接降低系统的换热效率。预热器换热器管道内壁长时间堆积物料粉尘，造成热传导能力降低，余热回收利用率大大降低。炉体耐火材料老化脱落密封结构磨损漏风，造成大量的炉内热量向外散发。

1.3 燃料燃烧充分性不足

焙烧炉燃料燃烧状况直接关系到热能利用率的好坏，在生产过程中配风比例不合理的因素是造成燃烧损耗偏高的一大原因。助燃空气配比不够会造成燃料燃烧不充分，部分燃料没有完全反应就随烟气一起排出，造成燃料的浪费^[2]。助燃空气配比过多会造成大量常温空气进入炉内，需要消耗额外的热能来加热空气，增大了炉内的热负荷。

1.4 余热回收利用体系不完善

焙烧工序生产过程中会产生大量的高温烟气和高温物料余热，目前大部分企业的余热回收系统不完善。高温烟气余热只进行简单的预热利用，其余的高温余热没有被充分开发，直接排放到大气中造成热能浪费。高温成品氧化铝冷却过程

中产生的余热大部分是闲置的，没有进入回收系统。

1.5 生产工况稳定性不足

生产过程中由于工况的突然变化，造成焙烧工序无效能耗的大幅度增加。物料含水率变化大，会引起炉内热负荷反复调节，破坏稳定燃烧和换热的状态。设备启停频繁，负荷调节幅度大，系统每次启停都会产生大量的无效能耗。生产负荷和设备额定运行参数之间不能达到平衡，低负荷高能耗现象普遍。

2 氧化铝焙烧工序节能降耗优化思路

2.1 精细化工艺参数调控思路

节能降耗优化要以精准匹配生产参数为重心，抛弃传统的经验化调控方式，创建数据化、标准化的参数调控体系。根据物料含水率、进料量、生产负荷等来调节炉内温度、通风量、风压、燃料供给量等主要参数。严格控制炉膛温度区间，使物料充分反应，避免高温冗余损耗。平衡风量和燃料配比，保证燃料充分燃烧，减少不完全燃烧热损失。

2.2 设备性能升级增效思路

根据设备换热效率低、热损耗大问题，以设备检修改造升级为手段提高设备运行能效。定期清理换热设备积灰结垢，使设备的换热性能恢复到原来的状态。更换老化的耐火材料和密封件，堵住炉体漏风散热点位^[3]。升级低效换热设备，改善内部换热结构，增大换热接触面积。

2.3 余热资源循环利用思路

根据余热资源最大化利用的原则来完善余热回收循环系统，挖掘废热利用潜力。改善高温烟气余热回收路线，把烟气余热合理地用到物料预热水体加热、厂区供暖等地方。建立高温成品物料余热回收系统，把冷却过程中产生的余热用来加热助燃空气。改善余热回收管道布置方式，缩减管道散热损耗。

3 氧化铝焙烧工序节能降耗工艺改进具体措施

3.1 优化焙烧炉燃烧配比工艺

根据焙烧炉的运行特点来优化燃料、助燃空气配比工艺，保证燃料完全燃烧。通过实时检测炉膛温度、烟气成分、燃烧状况来调节助燃风量，准确控制空气过剩系数。杜绝由于风量不足造成燃烧不充分的问题，也防止风量过大造成的热损耗。改善燃料喷射雾化装置，使燃料雾化更加均匀，使燃料和空气充分接触，提高燃烧效率。

3.2 实施系统参数精准闭环控制

用自动化智能控制代替传统的手工调节，对焙烧全过程参数实行精确的闭环控制。系统实时采集进料量、物料含水率、炉温、风压、烟气温度等运行数据，依靠预先设定好的最优模型自动调节各项运行参数。根据生产负荷的变化来调节系统的运行状态，使低负荷时能耗低、高负荷时效率高。

3.3 开展换热设备专项改造维护

制订设备维护改造的常态化的设备维护改造计划，从而提高换热设备的运行效率。定期对预热器换热器、冷却器进行高压清灰除垢工作，清除管道、设备内附着的杂物，使设备换热性能得到恢复。定期对炉体保温层的密封结构进行检查，及时修补破损的地方，更换老化耐火保温材料，减小炉体散热损耗。

3.4 升级多级余热回收利用工艺

建立多级阶梯式余热回收工艺，达到余热资源梯级利用的目的。第一级用高温烟气余热对入炉物料进行预热，减少物料升温能耗。第二级用中温烟气余热加热助燃空气，提高入炉空气温度，减小燃料的升温消耗。第三级用低温烟气余热

来完成生产用水的加热以及厂区供热。增设高温氧化铝冷却余热回收装置,将高温氧化铝冷却产生的余热回收后回用到系统中。利用多级余热梯级利用来最大限度地发挥废热的价值,减少外排热的损失,从而大大降低工序的综合能耗。

3.5 优化辅助设备节能运行模式

对风机水泵等辅助设备能耗较高的情况进行专项节能改造和运行优化。为大功率辅助设备加装变频控制装置,按照生产负荷风量水压要求动态调节设备的运行频率。防止由于设备恒速运行造成的电能浪费,满足生产动态变化的需求。改善设备联动运行逻辑,规范设备启停顺序,削减设备空转空载运行时间。定期对辅助设备保养,减小设备的机械磨损,提高设备的运转速度,从而降低焙烧工序总的电耗。

结论

综上所述,氧化铝焙烧工序属于生产体系中的高能耗关键环节,工艺参数不合理、设备换热效率低、余热利用不充分、工况不稳定都是造成能耗偏高的原因。本文对焙烧工序的能耗构成及高能耗原因进行梳理,从工艺调控、设备改造、余热利用、工况控制等多方面提出系统的节能降耗改进措施,通过优化燃烧配比、升级自动控制、完善余热梯级利用、规范生产管理等手段可以提高能源利用率、降低生产能耗。经过实践证明,精细化工工艺改良、设备更新换代可以取得节能降本提质增效的多重好处,符合工业绿色低碳发展的要求。相关的改进思路和工艺方案可以给同类型的氧化铝生产企业焙烧工序节能改造提供可靠的工程依据和实践参考。

参考文献

- [1]张海平.一水氧化铝分解及焙烧技术研究[J].世界有色金属,2025,(6):33-36.
- [2]徐兴卫,马宏彪,程涌,等.二次铝灰、煤渣、赤泥三相焙烧处置危废副产氧化铝粉[J].中国冶金,2025,35(5):130-137+149.
- [3]庞朋魏,路坊海,柴洪云,等.含锂氢氧化铝焙烧工艺中锂的变化行为[J].中国有色冶金,2025,54(4):156-164.