

阳极保护 CMS 合金设备在高温浓硫酸中的应用

天华化工机械及自动化研究设计院有限公司 左锐 李治民 李文浩 石德龙 郑建国

1 前言

随着化肥工业、冶炼工业的发展，硫酸工业也获得了快速的发展，伴随着国家、地方政府对环保事业的日益重视，排放标准的日趋严格以及废热利用的普及，国内的硫酸装置日趋大型化。大型硫酸装置若采用传统吸收工艺会面临生产设备过大的问题，因此大型硫酸装置通常采用高温吸收工艺（系统酸温 120℃），高温吸收工艺在提高单位生产装置的硫酸产能和热能资源回收方面极具效益优势，主要表现为：① 高酸温易于实现对吸收反应热的回收，获得长期可持续的热能回收效益，降低生产企业的综合能耗；② 高酸温提高了三氧化硫吸收率，可降低干吸塔径、塔高，并消除吸收过程中的酸雾；③ 高酸温提高了冷却器传热温差，大幅降低冷却器换热面积；硫酸装置占地面积下降，节省大量土建工程。

高温吸收工艺的高系统酸温、高循环酸量对相关生产设备的耐高温腐蚀、耐冲刷腐蚀性能提出了更高要求；现阶段，在高温吸收工艺中应用的设备均采用高硅合金（硅含量约 5%）制造，主要有进口的 SX 合金或国内开发的 DS 合金（与 SX 合金成分相似）；硅的高含量使高硅钢在高温浓硫酸中耐蚀性能优良，但也造成钢材的脆性加大，易产生的问题有：① 钢材冶炼难度大，良品率低；② 加工成型难度大，不易焊接；③ 生产中浓硫酸湍流震动或泵设备震动引起高硅合金设备脆性开裂。冶炼难度、制造难度等因素造成最终成型设备价格昂贵。

我公司经过多年努力，研究开发出了一种耐高温、耐冲刷腐蚀的 CMS 合金材料，实现了阳极保护设备在高温、大流量的浓硫酸装置中的正常使用。

2 CMS 合金的耐蚀性

通过实验研究了高温浓硫酸的腐蚀特性，并结合阳极保护技术特点，以原有钝性材料为基础，调整、添加其它有效元素补充合金化，提高合金的钝性，使其在高温浓硫酸环境中产生耐蚀钝化膜；同时 CMS 合金还具有优良的力学性能，焊接和成型性能；合金材料组分及热加工工艺确定后，与钢材生产企业达成合作，委托钢材生产企业熔炼、生产所需的管材、板材等。

采用交流阻抗法、失重法对比分析 CMS 合金与 SX 合金的耐蚀性，交流阻抗法拟合后的结果如图 1 所示。反应电阻可定性表征材料钝性，从图 1 中可以看出 CMS 合金在施加阳极保护后反应电阻提高 10~20 倍，耐蚀性能大幅提升；CMS 合金阳极保护后在 100~130℃的 98%硫酸中腐蚀率均 $\leq 0.1\text{mm/a}$ ，耐蚀性达到优良级别，可知 CMS 合金施加阳极保护后完全可以应用于高温浓硫酸中。

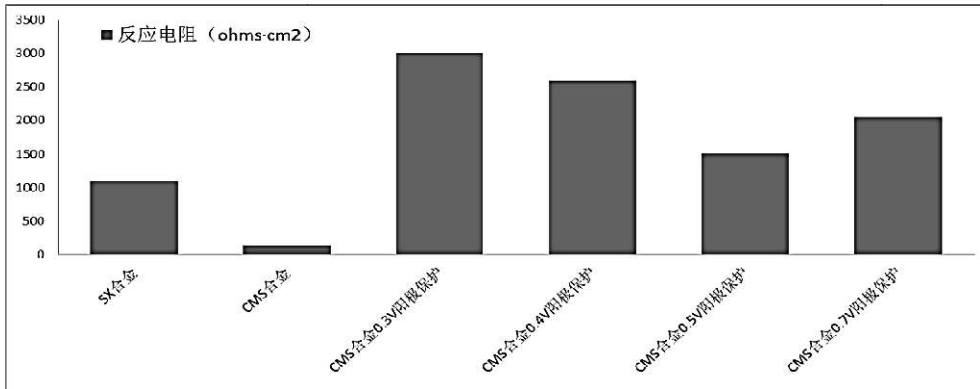


图 1 交流阻抗法拟合后的结果

3 阳极保护 CMS 合金设备的优势

- ① 具有优良的耐浓硫酸冲刷腐蚀及高温腐蚀的特性，设备使用年限长；
- ② 具有优良的机械加工及焊接性能，可加工制造高温浓硫酸冷却器、分酸器、管道、循环酸槽等；
- ③ 极高的性价比：以 2015 年某 300kt/a 硫酸装置为例，干吸工段若采用 SX 合金材质的浓硫酸冷却器、分酸器、管道，厂家需投资约 2500 万元，若采用我公司研发的“阳极保护 CMS 合金设备”投资小于 1000 万元。

4 阳极保护 CMS 合金设备的应用

阳极保护 CMS 合金设备应用过程中均搭载了我公司自主知识产权的“基于电化学原理的阳极保护酸冷器漏酸报警技术”（见图 2）和“基于物联网技术的阳极保护远程监控系统”（见图 3，www.apwllw.com）；漏酸报警技术可大幅提高酸冷器的安全系数，远程监控系统实现了阳极保护设备的异地信息化管理，实时监控设备运行状态；并为阳极保护设备搭建了“阳极保护售后服务微信公众号”（见图 4，微信号：thyjybh），可为企业提供多媒体服务内容，响应及时，提升了服务质量。



图 2 基于电化学原理的阳极保护酸冷器漏酸报警技术



图 3 基于物联网技术的阳极保护远程监控系统



图 4 阳极保护售后服务微信公众号

4.1 阳极保护 CMS 合金分酸器应用

传统的阳极保护分酸器中的降液管/分酸槽均采用普通 316L 降液管/分酸槽，而阳极保护技术要求所采用的结构形式易造成降液管堵塞，同时普通 316L 降液管还受到浓硫酸的冲刷腐蚀及高温腐蚀的双重影响，腐蚀较严重；而 CMS 合金分酸器采用新型结构形式，即通过在降液管顶部设计“小天窗”结构（见图 5），有效避免了碎瓷环、酸杂质堵塞降液管的现象，同时降液管选用 CMS 合金材料，将降液管易腐蚀损坏这一问题也完全解决，延长了分酸器的使用年限。

CMS 合金分酸器已推广应用多年，成功应用于 20 多套硫酸装置，最早应用的 CMS 分酸器已安全无故障使用 5 年多的时间（见图 6），分酸器无明显腐蚀，预计 CMS 分酸器的使用寿命可达 8~10 年。



图 5 CMS 合金分酸槽



图 6 CMS 分酸器分酸平稳均匀

4.2 阳极保护 CMS 合金酸冷器应用

目前我公司制造的 CMS 合金酸冷器已在国内某厂安全运行 2 年，停车期间对酸冷器进行腐蚀检测，酸冷器的耐蚀性能完全达标。该 CMS 合金酸冷器的使用工况如下：酸浓度：98%，进出口酸温：120℃~106.9℃，进出口水温：20℃~95℃；

我公司出口国外某厂的 CMS 酸冷器已安全运行 1 年，工况条件：酸浓度：98%，进出口酸温：90℃~78.5℃，进出口水温：60℃~79℃。



图 7 阳极保护 CMS 合金酸冷器应用现场

5 总结

阳极保护 CMS 合金设备在高温浓硫酸中具有优良的耐蚀性能，完全适应高温吸收工艺的工况条件；且具有极大的价格优势，可打破进口设备的价格垄断，大幅降低高温吸收工艺的资金门槛，对节能高效的高温吸收工艺的推广普及有积极意义。