

碱熔锅腐蚀性能实验及腐蚀原因分析

马骏¹, 唐文麒², 陈进³

1. 南京师范大学 电气与自动化工程学院, 南京 210042; 2. 南京英凯工程设计有限公司, 南京 210036;
3. 华东理工大学, 上海 200237

摘要:对某化工厂间苯二酚装置的碱熔锅腐蚀状况进行观察与分析,对失效的碱熔锅锅体材料及锅内沉积物进行理化性能检验,建立模拟腐蚀试验装置并对碱熔锅材料进行实验室模拟腐蚀试验.结果表明,碱熔锅严重腐蚀主要是由于高温、高浓度碱液的冲刷造成的.根据试验结果,提出改进措施.

关键词:碱熔锅;冲刷腐蚀;模拟实验;改进措施

中图分类号:TG172.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6495(2006)05-0380-03

CORROSION FAILURE ANALYSIS FOR CAUSTIC-FUSION PAN

MA Jun¹, TANG Wen-qi², CHEN Jin³

1. College of Electrical and Automatic Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042;
2. Nanjing Environmental and Chemical Engineering Design Limited Company, Nanjing 210036;
3. East-China University of Science and Technology, Shanghai 200237

ABSTRACT: Through observation and analysis of a failed caustic-fusion pan of resorcinol equipment in a chemical factory, whilst various physical testing and chemical analysis of the failed pan and corrosion products were done. A simulated test unit was set up and some simulated corrosion tests were done. The result proved that the caustic-fusion pan was corroded seriously by the concentrated caustic solutions at high temperature. In terms of the test results, a few methods were put forward to increase the life of caustic-fusion pans.

KEY WORDS: caustic-fusion pan; erosion-corrosion; simulated test; improved measure

碱熔锅是某化工厂间苯二酚装置的关键设备,锅体采用16MnR钢制造,壁厚16mm,锅底采用ZG200-400H铸钢,壁厚20mm,其直径为2000mm,容积约为4.8m³,并附带搅拌装置,电机功率15kW,转速为50rpm.碱熔锅的工作压力为常压,工作温度为330℃~350℃,采用重油燃烧加热,锅内介质为90%~92%的液碱,以及少部分间苯二磺酸钠和间苯二酚钠.

从生产使用情况来看,碱熔锅在使用过程中不断发生严重的腐蚀减薄,其部位有出料口、锅底和锅体焊缝及以上部位,锅体约50d就需更换.由于该设备经常腐蚀失效,不仅严重影响了正常生产和安全运行,而且还直接影响了经济效益和社会效益.本文对碱熔锅的失效机理进行研究旨在找出切实可行的改进措施.

1 宏观检验

对更换的碱熔锅进行现场宏观检验,发现减薄的主要部位为碱熔锅内壁出料口及锅体上焊缝及以上20mm范围,见图1、图2.

由图可见,出料口一侧明显减薄,而另一侧腐蚀不明显,碱熔锅内壁腐蚀严重部位有明显的磨损腐蚀痕迹,具有方向



Fig. 1 Macroscopic picture of caustic-fusion pan interior, ×5

收稿日期:2005-10-09 初稿;2005-12-30 修改稿

作者简介:马骏(1971-),女,讲师,博士生,主要研究腐蚀与防护、计算机集成制造系统、敏捷制造等.

Tel:13022526664 E-mail:majunttt@163.com



Fig. 2 Macroscopic picture of corroded stirring blade, ×15

性并伴有凹坑. 搅拌桨也发生明显腐蚀, 且离开转动中心越远, 腐蚀越严重, 在搅拌桨的边缘, 壁厚已经非常薄.

2 锅体材料理化检验

对锅体材料的化学成分进行分析, 分析结果表明, 锅体材料的化学成分符合 16MnR 钢的标准的要求. 沿碱熔锅锅体环向截取 3 根拉伸试样, 进行室温力学性能测试, 试验按 GB/T228-1997 标准进行, 测试结果表明, 锅体材料的力学性能符合对 16MnR 钢力学性能的标准的要求. 从沿碱熔锅锅体环向截取 3 根冲击试样, 试样缺口开在内表面, 沿轴线方向, 按 GB/T229-1994 标准进行室温冲击性能试验, 冲击试验结果显示, 碱熔锅锅体材料在室温下, 具有一定的冲击功. 从碱熔锅锅体取样, 进行金相组织分析, 金相组织分析截面为纵剖面, 近外壁、中部及内壁的金相组织, 金相组织检验显示, 碱熔锅锅体材料不同部位的金相组织均为铁素体 + 珠光体组织, 没有发现组织异常.

分别从碱熔锅内壁腐蚀严重部位、旋转 90° 部位及出口侧取样, 对内壁沉积物的化学成分进行能谱分析, 能谱分析结果表明, 3 个不同部位内壁沉积物的化学成分相同, 均为 C、O、Na、S 和微量的 Cl, 这些成分均为介质本身所含有的成分. 分别从碱熔锅内壁腐蚀严重部位和出口侧取样, 对碱熔锅内壁沉积物的结构进行 X 光衍射分析, X 射线衍射分析显示, 二处沉积物主要为亚硫酸钠 (Na_2SO_3)、多元酚 ($\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$) 和五水碳酸钠 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 及亚硫酸钠 (Na_2SO_3), 焦油等混合物 ($\text{C}_{28}\text{H}_{30}\text{O}$)₄ 和五水碳酸钠 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), 没有发现铁的腐蚀产物.

3 模拟腐蚀实验

3.1 试验系统

为了观察介质的流动对腐蚀的影响, 建立了一套简单的

模拟腐蚀试验系统. 系统主要由二部分组成, 一部分由不锈钢容器、可调速交流电机、热电偶和电炉构成, 主要提供模拟腐蚀环境, 加热及测温, 见图 3. 另一部分由温度控制器和转速测量仪构成, 用于温度控制和测定转速. 试验系统的工作流程见图 4.

将碱熔锅锅体材料加工成 103 mm × 5 mm × 2.5 mm, 中心加工 Φ3 mm 孔的腐蚀试样, 以腐蚀试样为搅拌桨进行腐蚀试验. 由于试验过程中, 试样不同位置处的线速度的差异, 可进行流速对腐蚀的影响的定性试验.

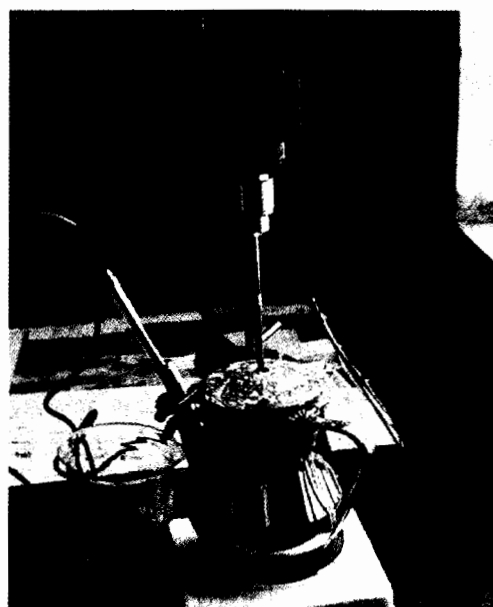


Fig. 3 Simulated corrosion test unit

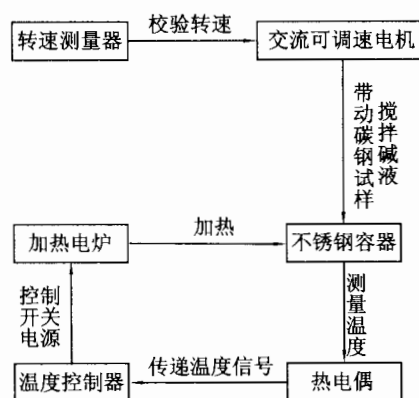


Fig. 4 Flow chart of test system

Table 1 Dimension of test samples

	1	2	3	4
长, mm	103.04	103.36	102.98	102.56
高, mm	5.04	5.00	5.06	5.04
厚, mm	2.46	2.48	2.46	2.46
孔直径, mm	3.2	3.16	3.14	3.22

Table 2 Parameters of corrosion test

试样	1	2	3	4
试验温度, °C	200	230	230	230
线速度(最大直径处), m/s	4.851	4.851	1.078	0
试验时间, h	5	3.5	9	16

Table 3 Calculation results of corrosion rate

试样	试验时间 h	试验温度 ℃	离中心距离 mm	平均减薄量 mm	线速度* m/s	腐蚀速率 mm/a
1	5	200	30.0	0.107	2.827	187.46
			41.5	0.170	3.911	297.84
			49.5	0.200	4.665	350.40
2	3.5	230	30.0	0.080	2.827	200.23
			41.5	0.110	3.911	275.31
			49.5	0.150	4.665	375.43
3	9	230	30.0	0.18	0.628	175.20
			41.5	0.225	0.869	219.00
			49.5	0.240	1.036	233.60
4	16	230	30.0	0.08	0	43.8
			41.5	0.08	0	43.8
			49.5	0.08	0	43.8

* 线速度按式 $\bar{v} = \frac{2\pi nr}{60}$ 计算, 式中 n 为转速, r 为距试样中心的距离。

3.2 腐蚀试验

从碱熔锅锅体取样, 加工 5 根腐蚀试样, 试样均经磨床加工。试验前试样经丙酮清洗, 测量尺寸, 其中 0 号为试验前试样, 见表 1。

试验介质采用该厂现场生产介质即母液。由于试验目的主要是定性研究流速对腐蚀的影响, 所以试验时所选的温度较实际生产时的温度要低, 以避免过高的温度导致试验过程中溶液的大量蒸发。试验参数见表 2。

试验完成后, 将试样取出并清洗后进行观察。经观察, 腐蚀试验后, 各试样均发生明显的腐蚀。但对 1 号至 3 号试样, 越靠近试样两端, 高度和厚度的减薄越明显, 腐蚀越严重, 尤其是 1 号和 2 号试样, 在试样两端沿转动方向一侧因腐蚀而形成倒角。4 号试样的腐蚀是均匀的。

对各腐蚀试样, 分别测量距试样中心 30 mm、41.5 mm 和 49.5 mm 处高度和厚度的减薄量, 取平均值, 并按式 $V = 365 \times 24 \times \frac{\delta}{t}$ 计算相应部位的腐蚀速率, 式中 δ 为平均减薄量, t 为腐蚀试验持续时间。计算结果见表 3。

由表 3 数据可看出, 4 根试样中的 1 号至 3 号试样, 由于转动的影响, 出现明显的腐蚀不均匀性, 离转动中心的距离越远即线速度越大, 腐蚀减薄就越严重, 而 4 号试样进行的是静态腐蚀试验, 腐蚀是均匀的。

由于试验条件与实际工况条件有所不同, 主要是试验温度、试验过程中介质的蒸发浓缩及介质的流动状况, 腐蚀速率的绝对值仅作为参考, 但试验反映出的介质的流速对腐蚀速率的影响是十分显著的。

4 失效原因分析

材料的理化性能检验结果表明, 碱熔锅的腐蚀与材料的

质量没有关系。宏观检验与腐蚀试验结果表明, 在有介质流动情况下的腐蚀速率较不考虑流动的介质的腐蚀速率明显提高, 且流速越高腐蚀越严重。

根据资料显示, 介质的流速对腐蚀的影响很大, 当介质的流速超过一定的速度, 尤其是介质中含有固态成分时, 会引起金属的加速破坏, 即磨损腐蚀。由此可见, 由于碱熔锅的介质为 320 ℃ 以上的高温, 高浓度 (92%) 碱液, 其对碳钢和铸铁的静态腐蚀速率会很高, 再加上搅拌桨以 5.23 m/s 的转速搅拌, 流动的介质加速了对碱熔锅的磨损腐蚀, 这就是造成碱熔锅减薄失效的主要原因。

5 改进措施

通过以上分析, 可认为碱熔锅的严重减薄失效是高温高浓度碱液的冲刷腐蚀造成的, 因此具体的预防改进措施可以从操作工艺改进、碱熔锅结构改造、确保碱熔锅制造质量^[1]和选择耐冲刷腐蚀材料^[2,3]等方面考虑进行改进, 以提高碱熔锅的使用寿命。

参考文献:

- [1] 许淳淳. 化学工业中的腐蚀与防护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001. 113.
- [2] 黄嘉琥, 吴剑. 耐腐蚀铸锻材料应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991. 254
- [3] 李建国, 王红望, 董俊慧, 等. [J]. 化工科技, 2000, 8(3): 11.
- [4] M G 方坦纳, N D 格林. 腐蚀工程第二版[M]. 北京: 化学工业出版社, 1982. 86
- [5] 化学工业部化工机械研究院. 腐蚀与防护手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1989. 319