

问题讨论与思考



铝作阳极电解氢氧化钠溶液的实验研究*

叶永谦^{1**} 张贤金² 吴新建²

(1. 福建省南安市侨光中学 福建南安 362314; 2. 福建教育学院化学教育研究所 福建福州 350025)

摘要 铝是活泼金属, 作为阳极电解氢氧化钠溶液理论上应该是铝失去电子成为铝离子溶于氢氧化钠溶液。通过实验研究, 可以得出铝作阳极电解氢氧化钠溶液实质是电解水。电解产生的氧气可以在铝电极表面形成一层不致密的氧化铝, 所生成的氧化铝不溶于氢氧化钠溶液。

关键词 铝 阳极 电解 氢氧化钠

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2015010130

在高中化学关于电解池电极反应式的练习中, 经常要求书写铝作阳极电解氢氧化钠溶液的电极反应式和总反应式。答案为: 阳极: $2\text{Al} - 6\text{e}^- + 8\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O}$, 阴极: $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = 3\text{H}_2 \uparrow + 6\text{OH}^-$, 总反应式: $2\text{Al} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow$ 。按照中学知识, 一般认为活泼金属铝为阳极被氧化成铝离子, 再与氢氧化钠溶液反应生成偏铝酸钠, 反应到最后作为阳极的铝电极全部溶解。而李艳等^[1]认为, 该反应为: 阳极: $2\text{Al} + 6\text{OH}^- - 6\text{e}^- = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, 阴极: $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = 3\text{H}_2 \uparrow + 6\text{OH}^-$, 总反应式: $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ 。朱绪飞等^[2]则认为, 铝的阳极氧化铝电极上有氧气生成, 而且氧气的析出速率与溶液的酸碱性等有关。为此, 设计实验探究铝作阳极电解氢氧化钠溶液的产物。

1 设计思路

(1) 产物如中学练习所述, 铝电极溶解, 阴极上有氢气生成。由于铝电极的溶解肉眼可观察到, 只需设计收集并检验氢气的装置。

(2) 产物如李艳等所述, 铝电极上有氧化铝析出, 阴极上有氢气生成。除了需设计收集并检验氢气的装置, 还需观察并验证氧化铝的存在。

(3) 产物如朱绪飞等所述, 铝电极上有氧气生成, 阴极上有氢气生成。则需设计收集并检验氧气、氢气的装置。

对于氢气的检验, 可以将气体通入洗涤剂中, 然后点燃产生的泡沫, 此法可以确保实验安全并有明显现象。对于氧气的检验, 可以将其收集后用带火星的木条靠近观察是否复燃。为了便于观察, 收集的气体必需达到一定体积, 所用的药品仪器均需达到一定规格。

2 试剂仪器

试剂: 铝片(长10 cm、宽8 cm)、碳棒(长10 cm、直径1.5 cm)、氢氧化钠溶液(浓度20%左右)、洗涤剂、水。

仪器: U型管(单边高20 cm、直径5 cm、带双孔塞、左右2侧均有支管)、长颈漏斗、烧杯、集气瓶(带双孔塞)、止水夹、直流电源。

3 实验装置(图1)

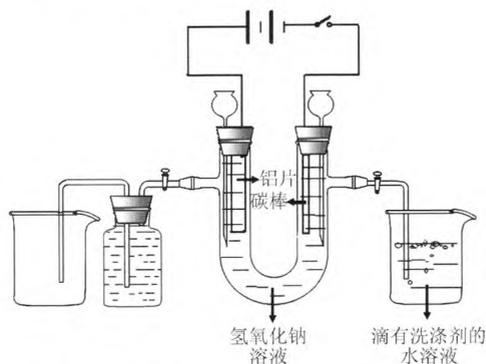


Fig. 1 Experiment device for electrolyzing sodium hydroxide solution with aluminium as anode

图1 铝作阳极电解氢氧化钠溶液产物研究实验装置

4 实验步骤

(1) 电极的处理: 阳极材料铝片面积较大, 为了能够进入U型管, 应进行适当弯曲, 插入双孔橡皮塞的铝片应拧成铝条, 如图2所示。阴极材料石墨电极可以中空处理, 增大其与溶液的接触面积, 如图3所示。

(2) 安装仪器和添加药品: 按实验装置图安装好装置后, 用止水夹夹住U型管左右2侧的导气管, 再往U型管中加满20%的氢氧化钠溶液, 将石墨电极连接直流电源负极后插入U型管中, 并用玻璃胶进行密封。

* 福建省教育厅2015年福建省中青年骨干教师教育科研项目(项目编号JAS151453)(福建教育学院资助)

** 通信联系人, E-mail: 15880968680@139.com

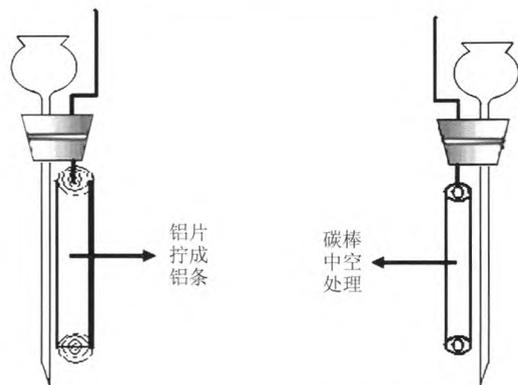


Fig. 2 Anode made of aluminum sheet

图 2 铝片拧成的阳极

Fig. 3 Hollow treatment of carbon cathode

图 3 中空处理的阴极碳棒

(3) 开始电解：将铝电极连接在电源正极，然后打开直流电源开关，将电压调到 16 V，接着迅速将铝电极插入 U 型管中，并用玻璃胶进行密封。由于铝一接触到氢氧化钠溶液立即产生氢气，可能会干扰电解后的气体产物检验，并可能导致混合气体出现安全事故，此步骤必须先打开直流电源开关，才可以将铝电极与氢氧化钠溶液接触。

5 实验现象

电解开始后，阳极上铝表面立刻产生大量气体，这些气体将溶液迅速压入长颈漏斗中。阴极的石墨表面产生的气体更多、速率更快，也将溶液压入长颈漏斗。一段时间后，可以观察到阴极产生的气体高度约为 1.5 cm，阳极上产生的气体高度约为 0.8 cm，前者是后者的大约 2 倍，见图 4。

6 产物的检验

(1) 阳极产物的检验：打开阳极导气管的止水夹，将气体收集到集气瓶中，用带火星的木条靠近，木条复燃。证明该气体为氧气。

(2) 阴极产物的检验：阳极气体检验后，用止水夹夹住阳极导气管，一段时间后，再打开阴极导气管的止水夹，将阴极气体通入洗涤剂中，此时立刻产生大量气泡。用燃烧着的木条靠近气泡，可以



Fig. 4 Gas generated in both anode and cathode after electrolysis

图 4 电解后阴阳两极均产生气体

观察到气泡燃烧起来并伴有沉闷的爆鸣声。通过以上现象可以判断阴极产生的气体是氢气。

7 意外的发现

在电解过程中，铝电极的变化是观察的重点。电解开始时，铝表面有大量气泡生成，经过检验，该气体为氧气。电解一段时间后，铝电极表面变暗。电解结束后，取出该电极，可以明显观察到铝表面有一层灰黑色的物质附着，这层灰黑色物质可以用滤纸轻易擦去，露出光亮的铝。

由于该灰黑色物质是在氧气产生一段时间后才生成的，且能在氢氧化钠溶液中存在，说明在该条件下，氧气可以将铝片表面的铝氧化成氧化铝，生成的氧化铝不溶于氢氧化钠溶液中。这层氧化铝可以被滤纸轻易擦去，说明所生成的氧化铝不是致密的氧化膜。

8 实验结论

通过以上研究可以判断，在该实验条件下，铝作阳极电解氢氧化钠溶液时，阳极产物为氧气，阴极产物为氢气，且氢气的体积是氧气体积的 2 倍，其实质是电解水。阳极产生的氧气可以在铝的表面形成一层不致密的氧化铝，该氧化铝不溶于氢氧化钠溶液。

参 考 文 献

[1] 李艳, 王明召. 科学教育, 2009 (6): 92-95
 [2] 朱绪飞, 宋晔, 肖迎红, 等. 真空科学与技术学报, 2007 (2): 113-117

Electrolysis Experiment of Sodium Hydroxide Solution with Aluminium as Anode

YE Yong-Qian^{1**} ZHANG Xian-Jin² WU Xin-Jian²

(1. Qiaoguang High School, Nan'an 362314, China;

2. Research Institute of Chemical Education, Fujian Institute of Education, Fuzhou 350025, China)

Abstract Aluminium is an active metal, when sodium hydroxide solution was electrolyzed with aluminium as anode, in theory aluminium should lose electrons became aluminium ion dissolving in sodium hydroxide solution. Through experiment this paper obtained that the essence of electrolyzing sodium hydroxide solution with aluminium as anode was electrolyzing water, the produced oxygen could form a layer of dense aluminum oxide on the surface of aluminium electrode, and the aluminum oxide was insoluble in sodium hydroxide solution.

Keywords aluminium; anode; electrolysis; sodium hydroxide