



CN9702085

CNIC-01151

BICM-0016

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY REPORT

应用 H_2O_2 作铀矿石浸出的氧化剂
—— H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应的新研究

USING H_2O_2 AS OXIDANT IN
LEACHING OF URANIUM ORES
—— THE NEW RESEARCH ON THE
REACTION OF H_2O_2 WITH Fe^{2+}

(In Chinese)



中国核情报中心
原子能出版社

China Nuclear Information Centre
Atomic Energy Press

VOL 28 No 22



高锡珍：核工业北京化工冶金研究院高级工程师。1965年毕业于成都工学院无机化学系稀有元素工学专业。

Gao Xizhen; Senior engineer of Beijing Research Institute of Chemical Engineering and Metallurgy, CNNC. Graduated from Department of Inorganic Chemistry, Chengdu Institute of Technology in 1965, majoring in rare element technology.

CNIC-01151

BICM-0016

应用 H_2O_2 作铀矿石浸出的氧化剂 —— H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应的新研究

高锡珍

(核工业北京化工冶金研究院)

摘 要

对 H_2O_2 同 Fe^{2+} 的反应进行了新研究。通过测量 H_2O_2 溶液同 FeSO_4 溶液相互滴定过程中的电位值、pH 值和 O_2 的析出量, 推导出了不含羟基游离基的 H_2O_2 氧化 FeSO_4 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 氧化 H_2O_2 的化学反应式。研究结果表明: H_2O_2 分解为 O_2 和 H_2O 的过程中, 催化剂除铁离子外还有酸。 H_2O_2 将溶液中的 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} 的电位值为 640 mV 左右。在铀的地浸与堆浸中应用 H_2O_2 作氧化剂时, 可采用电位控制法控制 H_2O_2 溶液的加料速度, 使电位不高于 500 mV, 即可减少 H_2O_2 的分解损失。

Using H₂O₂ as Oxidant in Leaching of Uranium Ores
—— The New Research on the Reaction of H₂O₂ with Fe²⁺
(In Chinese)

GAO Xizhen

(Beijing Research Institute of Chemical Engineering and Metallurgy, CNNC)

ABSTRACT

The new research on the reaction of H₂O₂ with Fe²⁺ has been studied. Through determining the electric potential, pH and O₂ release during the mutual titration between H₂O₂ solution and FeSO₄ solution, deduced the chemical equations of H₂O₂ (without free hydroxyl) oxidizing FeSO₄ and Fe₂(SO₄)₃, oxidizing H₂O₂. The research results show that acid is a catalytic agent for decomposing H₂O₂ to be O₂ and H₂O besides iron ions. The maximum oxidizing potential is up to about 640 mV. While using H₂O₂ as an oxidant in uranium heap leaching and in-situ leaching, controlling electric potential can be regarded as a method for adjusting the feeding speed of H₂O₂ to keep the electric potential below 500 mV, thus the H₂O₂ decomposition can be reduced.

前 言

堆浸与地浸技术现已成为国内外开采低品位铀矿的主要技术。这两项技术与矿浆搅拌浸出不同,含铀浸出液经离子交换树脂吸附铀后,吸附尾液补加酸和氧化剂又返回浸出铀。吸附尾液循环利用给氧化剂提出了更高要求,要求氧化剂用后不会增加浸出液中杂质成分,显然搅拌浸出常用的氧化剂 MnO_2 和 $NaClO_3$ 已不能满足要求,只有 H_2O_2 能满足要求。 H_2O_2 作为氧化剂,还原产物为 H_2O ,不污染环境, H_2O_2 本身不耗酸,可在非常低的温度和较宽的 pH 值范围内发挥氧化剂作用。这也是细菌氧化所不能相比的。此外 H_2O_2 为溶液状态,操作简便。因此, H_2O_2 用作铀矿浸出的氧化剂优点十分突出。

但是 H_2O_2 也存在 MnO_2 和 $NaClO_3$ 所没有的缺点,这就是在铀矿浸出条件下 H_2O_2 很容易被浸出液中的铁离子分解。此外 H_2O_2 还会将溶解的铀沉淀为过氧化铀。

为了提高 H_2O_2 抗铁离子分解的能力,在澳大利亚还将 H_2O_2 预先制成过一硫酸(H_2SO_5),用它代替 H_2O_2 作浸出铀的氧化剂。据称就催化分解来说,过一硫酸比 H_2O_2 要稳定得多^[1]。但与采用 H_2O_2 比较,过一硫酸多了一道生产工序。

Galichon 等人^[2]研究了得克萨斯砂岩型铀矿石的渗滤浸出,用不同浓度的 H_2O_2 进行氧化,发现增加 H_2O_2 浓度会提高铀的浸出率,但 H_2O_2 分解非常快。

铁是铀矿石的主要组成元素,铀矿石的酸性浸出液中总是含有一定浓度的 Fe^{2+} ,由于矿石中三价铁的化合物不易溶解于酸以及矿石中存在一些还原性矿物,所以,不加氧化剂时浸出液中 Fe^{3+} 浓度一般都非常低。众所周知,在铀矿石进行氧化浸出时氧化剂的主要作用是将浸出液中大部分的 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} ,再由 Fe^{3+} 将四价铀(UO_2)氧化为六价铀(UO_2^{2+})。可见用 H_2O_2 作四价铀的氧化剂时,铁离子起着催化剂作用。这与芬顿试剂的氧化作用相符合。

1894年 H. J. H Fenton 发现, H_2O_2 水溶液加入 Fe^{2+} 后可加速对羟基丁二酸的氧化。此后不少研究人员采用“ $H_2O_2 + Fe^{2+}$ ”对许多有机化合物或无机化合物进行氧化,其效果总是比用 H_2O_2 单独氧化的效果好。因此“ $H_2O_2 + Fe^{2+}$ ”常被称为芬顿试剂。芬顿试剂的反应原理直到 20 世纪 30 年代才被确认^[3,4]。该原理的基础是 H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应生成一种氧化能力很强的羟基游离基。 H_2O_2 同 Fe^{2+} 作用分解为 H_2O 和 O_2 的反应,所说甚多,这里仅将广为引用的反应^[4-7]援引如下:



由于反应式(1)产生了 OH^\cdot 游离基,推动了反应式(2)~(4)这样循环不已的连锁反应。

值得指出的是,“ $H_2O_2 + Fe^{2+}$ ”只适用于酸性条件,否则铁离子会水解沉淀。在酸性条件下 H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应生成 OH^- , OH^- 则应与 H^+ 结合为 H_2O 。此外, Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} , 溶液要保持电荷平衡就需要增加阴离子,即酸根离子。也就是说, H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应时还应有酸参加反应。因此,上述反应原理不令人满意。

从目前发表的一些文献看,涉及 H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应的领域很多,除铀矿石的 H_2O_2 氧化浸出^[5,6]外,电镀生产中镀液除铁^[9],金属表面处理^[10]水和废水处理中有机化合物的氧化和脱色^[3,11,12]等。但大多缺乏反应条件和性能等方面的基础研究。关于在强化 H_2O_2 氧化作用的同时如何避免或减少铁离子对 H_2O_2 的分解作用问题,至今尚未见报道。

为了进一步研究 H_2O_2 同 Fe^{2+} 的反应以及反应过程中 H_2O_2 出现分解的条件,试验中采用了 H_2O_2 溶液滴定 FeSO_4 溶液和 FeSO_4 溶液滴定 H_2O_2 溶液的两种不同反应方式,根据滴定反应过程中的电位值、pH 值和 O_2 析出量的测量结果,推导出了不含羟基游离基的化学反应式。该研究提出了在铀矿浸出过程中减少 H_2O_2 分解的电位控制法。

1 用 H_2O_2 溶液滴定 FeSO_4 溶液

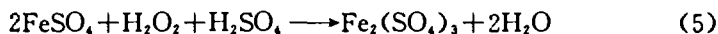
在烧杯中预先加入 0.18 mol/L FeSO_4 溶液 20 ml,并用硫酸酸化水稀释至 200 ml,然后在搅拌条件下逐滴加入 0.9 mol/L H_2O_2 溶液直至 Fe^{2+} 全部氧化。所得结果列于表 1。

表 1 用 H_2O_2 溶液滴定 FeSO_4 溶液的结果

| H_2O_2 溶液滴加量 ml | Fe^{2+} 氧化率 % | 氧化电位值 mV | pH 值 |
|------------------------------------|---------------------------|-------------|------|
| 0 | 0 | 335 | 1.65 |
| 0.8 | 40 | 424 | 1.72 |
| 1.2 | 60 | 445 | 1.77 |
| 1.6 | 80 | 460 | 1.80 |
| 1.8 | 90 | 483 | 1.82 |
| 1.9 | 95 | 497 | 1.83 |
| 2.0 | 约 100 | 516 | 1.84 |

由表 1 可知,加 H_2O_2 溶液前, FeSO_4 溶液的氧化电位为 335 mV; 加入 H_2O_2 溶液后,混合溶液的氧化电位值则随 Fe^{2+} 氧化率的增加而升高,混合溶液的氧化电位主要取决于 Fe^{3+} 与 Fe^{2+} 的摩尔浓度比。此外,加入 H_2O_2 溶液后,混合溶液的 pH 值则随 Fe^{2+} 氧化率的增加而升高,说明 H_2O_2 氧化 FeSO_4 为 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 时要消耗酸。

总的来说,在酸性条件下 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 的程度可通过测定溶液氧化电位值来判断,调节 H_2O_2 溶液加入量便可进行控制, H_2O_2 氧化 FeSO_4 的反应可用下式表示:



2 用 FeSO_4 溶液滴定 H_2O_2 溶液

用 FeSO_4 溶液滴定 H_2O_2 溶液,目的是研究在滴定初期 H_2O_2 大量存在条件下铁离子是如何同 H_2O_2 作用的问题。

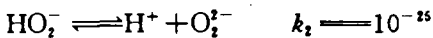
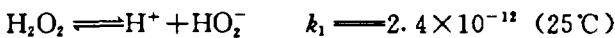
试验时先在烧杯中加入 0.9 mol/L 的 H_2O_2 溶液 2 ml,并用 200 ml pH 1.7 的硫酸溶液稀释,然后在搅拌条件下用 0.18 mol/L 的 FeSO_4 溶液缓慢滴定。所得结果列于表 2。

表 2 FeSO₄ 溶液滴定 H₂O₂ 溶液的结果

| FeSO ₄ 溶液滴加量 ml | 氧化电位值 mV | pH 值 |
|-------------------------------|-------------|------|
| 0 | 468 | 1.72 |
| 0.25 | 510 | 1.72 |
| 0.50 | 518 | 1.73 |
| 3.0 | 539 | 1.77 |
| 4.5 | 545 | 1.80 |
| 5.5 | 541 | 1.81 |
| 6.5 | 555 | 1.83 |
| 7.5 | 510 | 1.84 |
| 8.0 | 488 | 1.85 |
| 10.0 | 457 | 1.84 |
| 13.0 | 437 | 1.83 |

由表 2 可知, 加 FeSO₄ 溶液前, 酸性 H₂O₂ 溶液的氧化电位为 468 mV。一旦加入极少量 FeSO₄ 溶液, 混合溶液的电位值则上升到 510 mV 以上。继续滴加 FeSO₄ 溶液, 混合溶液的电位值最高可达 555 mV。当 FeSO₄ 溶液滴加量超过 6.5 ml 时, 混合溶液的电位值反而随 FeSO₄ 溶液加入量增加而降低。电位降低说明: 加入的 Fe²⁺ 已不能被氧化, 或被滴定溶液中的 H₂O₂ 已反应完。

由表 1 可知, H₂O₂ 是氧化 Fe²⁺ 的强氧化剂, 可按反应式 (5) 将 Fe²⁺ 全部氧化为 Fe³⁺, Fe²⁺ 的氧化接近完全时电位可达 516 mV。但是表 2 却表明: H₂O₂ 溶液自身的氧化电位值只有 468 mV。作者认为这可能与 H₂O₂ 的电离常数非常小^[13] 有关:



此外由表 2 还可以看出, 往 H₂O₂ 溶液中滴加 FeSO₄ 溶液的过程中, 在 H₂O₂ 被反应完之前, 混合溶液的氧化电位值一直较高 (510~555 mV), 并且随 Fe²⁺ 加入量的增加而增加。这说明在有 H₂O₂ 存在的条件下混合溶液的电位是铁离子电位和 H₂O₂ 电位的总和。除组分外, 混合溶液的电位还与组分浓度有关:

$$E = E^\circ + \frac{0.059}{n} \lg \frac{[\text{氧}]}{[\text{还}]}$$

因此, FeSO₄ 溶液滴定 H₂O₂ 溶液的过程中, 混合溶液的电位值总是随溶液中 Fe³⁺ 浓度的增加和 H₂O₂ 浓度的降低而增高, 直至 H₂O₂ 被反应完时混合溶液的电位可达最高值。

值得指出的是, 表 2 中被滴定溶液的 H₂O₂ 反应完时所加 FeSO₄ 溶液的体积量只有 6.5 ml 左右, 比值约为表 1 中用同一浓度的相同 H₂O₂ 溶液量 (2 ml) 所氧化 FeSO₄ 溶液体积量的 1/3。也就是说约有 2/3 的 H₂O₂ 是在滴定过程中白白地损失了或分解了。

可见, 用 H₂O₂ 溶液滴定 FeSO₄ 溶液与用 FeSO₄ 溶液滴定 H₂O₂ 溶液相比, 两种滴定方式对氧化 Fe²⁺ 的效果差异很大。这可能是由于 H₂O₂ 同 Fe²⁺ 与同 Fe³⁺ 的反应存在着差别的

缘故。

3 铁离子对 H_2O_2 分解的催化作用

H_2O_2 分解时可放出氧气。为了研究 $FeSO_4$ 溶液滴定 H_2O_2 溶液时氧气放出情况，在三角瓶内先加入 0.9 mol/L 的 H_2O_2 溶液 30 ml，并用 100 ml pH 1.7 的硫酸溶液稀释。塞上瓶塞，瓶塞上有两个孔，一孔联接蠕动泵加料器；另一孔联接导气管。三角瓶内的气体经导气管进入口朝下的盛满水的量筒内。在电磁搅拌器的快速搅拌下，由蠕动泵向盛有 H_2O_2 溶液的三角瓶内缓慢地加入 0.18 mol/L 的 $FeSO_4$ 溶液。试验在温度 $9^\circ C$ 下进行。反应过程中放出氧气的实际体积为量筒内收集的气体体积减去加料过程中由 $FeSO_4$ 溶液排出的气体体积。所得结果列于表 3。

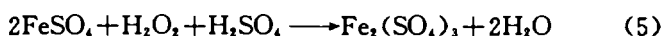
表 3 $FeSO_4$ 溶液滴定 H_2O_2 溶液过程中放出氧气体积与 $FeSO_4$ 溶液加入量的关系

| $FeSO_4$ 溶液加入量 ml | 量筒内气体体积 ml | O_2 体积 ml |
|----------------------|---------------|----------------|
| 20 | 115 | 95 |
| 40 | 190 | 150 |
| 100 | 270 | 170 |

$FeSO_4$ 溶液滴定 H_2O_2 溶液时，滴定初期， H_2O_2 为大量， H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 为 Fe^{3+} 的速度极快，因此 H_2O_2 在氧化 Fe^{2+} 的同时也同 Fe^{3+} 反应。试验过程中可观察到， $FeSO_4$ 溶液刚加入 H_2O_2 溶液内，立刻就有大量气泡进入量筒内。由此证明 H_2O_2 同 Fe^{3+} 反应时放出 O_2 。由表 3 可知， $FeSO_4$ 溶液加至 20 ml 时，反应放出的 O_2 体积已达 95 ml。当 $FeSO_4$ 溶液加至 40 ml 以后，反应放出的 O_2 量已大大减少，这与混合溶液中 H_2O_2 残留量大量减少有关。 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 时，按反应式 (5) 计算，0.9 mol/L 的 H_2O_2 溶液 30 ml 理论上可氧化 0.18 mol/L 的 $FeSO_4$ 溶液 300 ml。但是由于存在 Fe^{3+} 分解 H_2O_2 的反应， $FeSO_4$ 溶液实际加入量为 100 ml 时，反应放出的 O_2 体积可能已达 H_2O_2 分解完的值。也就是说，在 $FeSO_4$ 溶液滴定 H_2O_2 溶液的过程中约有 2/3 的 H_2O_2 是因被 Fe^{3+} 分解为 O_2 而损失了。这与表 2 中电位值变化所得的结果是一致的。

综上所述，在酸性溶液中 $FeSO_4$ 同 H_2O_2 反应放出 O_2 的过程，可能与下列三步反应有关：

第一步 H_2O_2 氧化 $FeSO_4$ 为 $Fe_2(SO_4)_3$ ，



第二步 $Fe_2(SO_4)_3$ 同过量的 H_2O_2 反应放出 O_2



第三步 被还原的 $FeSO_4$ 按反应式 (5) 再氧化。再氧化后的 $Fe_2(SO_4)_3$ 又按反应式 (6) 分解 H_2O_2 ，如此循环下去直至 H_2O_2 分解完为止。由反应式 (5) 和反应式 (6) 可知，在铁离子催化作用下， H_2O_2 分解反应为自氧化还原反应：



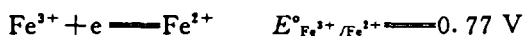
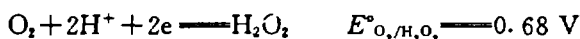
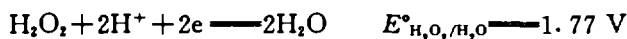
H_2O_2 分解的催化剂是铁离子和硫酸，二者缺一不可。

4 H₂O₂ 同铁离子反应的电位

在用 FeSO₄ 溶液滴定 H₂O₂ 溶液的过程中, 最高氧化电位值未超过 555 mV。为了进一步确定 H₂O₂ 氧化 Fe²⁺ 所能达到的最高氧化电位值, 除用纯度更高的硫酸亚铁铵试剂 (含量 99.5%) 配制 Fe²⁺ 溶液外, 在用 H₂O₂ 溶液滴定 Fe²⁺ 溶液的过程中, 当 H₂O₂ 溶液加入量接近溶液中的 Fe²⁺ 全部氧化时, H₂O₂ 溶液以极缓慢的速度加入, 使反应溶液的电位值保持稳定上升, 以便确定 H₂O₂ 氧化 Fe²⁺ 的最高氧化电位值。

试验时, 先在烧杯中加入 0.018 mol/L 硫酸亚铁铵溶液 30 ml, 并用硫酸酸化水稀释, 然后用 0.09 mol/L H₂O₂ 溶液滴定, 同时记录 H₂O₂ 溶液滴加时间和混合溶液的电位值。结果如图所示。

将硫酸亚铁铵溶液中的 Fe²⁺ 全部氧化为 Fe³⁺, 理论上需加 3 ml H₂O₂ 溶液。由图示可知, 在此 H₂O₂ 用量下, 混合溶液的氧化电位高达 640 mV 左右。此后继续滴加 H₂O₂ 溶液, 则混合溶液的电位反而随 H₂O₂ 溶液加入量的增加而缓慢下降。这说明 H₂O₂ 氧化 Fe²⁺ 为过量时, Fe³⁺ 按反应式 (6) 氧化 H₂O₂ 的电位值低于 640 mV。对这一现象的解释是: H₂O₂ 分子中氧的氧化值为 -1, 得电子和失电子的两种可能性都存在。酸性溶液中 H₂O₂ 同 Fe²⁺ 和 Fe³⁺ 反应的氧化性和还原性, 可通过比较酸性溶液中 H₂O₂ 的和铁离子的标准电极电位值看出:



由于 $E^\circ_{\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}$ 比 $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}$ 高出 1.00 V, 因此 H₂O₂ 对 Fe²⁺ 的氧化能力很强, 能快速地将 Fe²⁺ 全部氧化为 Fe³⁺。此外, 若溶液中 H₂O₂ 将 Fe²⁺ 全部氧化为 Fe³⁺ 后仍有过量或过量很多, 则由于 $E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}$ 略高于 $E^\circ_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}_2}$ 而可发生 Fe³⁺ 氧化 H₂O₂ 为氧气的反应 (见反应式 (6)), 但因该反应的标准电极电位差很小, 故 Fe³⁺ 氧化 H₂O₂ 的能力较弱、氧化速度较慢, 且还原后的 Fe²⁺ 又会被 H₂O₂ 快速氧化为 Fe³⁺。这就是如图所示的在 H₂O₂ 溶液加入大量的条件下, 反应体系的实际氧化电位值不能高于 640 mV, 而仍较高的原因。

此外, 图中电位值随 H₂O₂ 溶液加入量的增加而降低, 还可用前述 H₂O₂ 溶液自身的电位值较低来解释: 在溶液中铁离子浓度恒定的条件下, 混合溶液的综合电位值应随 H₂O₂ 溶液加入量的增加而降低。

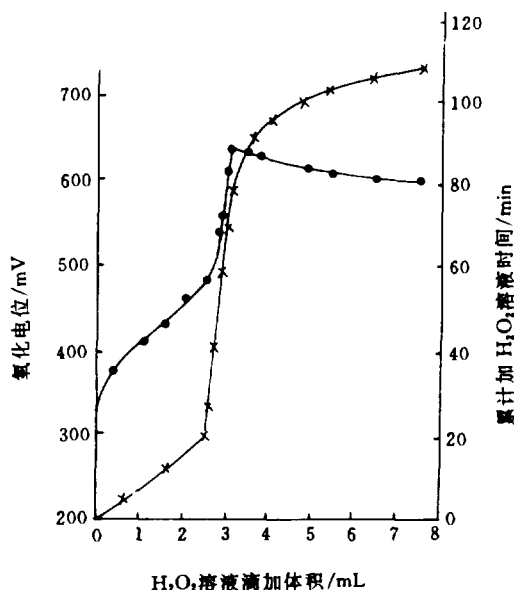


图 用 H₂O₂ 溶液滴定硫酸亚铁铵溶液过程中混合溶液氧化电位与滴定时间随 H₂O₂ 溶液加入量的变化

●——电位; ×——时间

图中 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 的电位虽然最高可达640 mV左右,但达到这一电位值需要精细操作和较长反应时间,这是不必要的。因此实际应用中,如铀矿的浸出,为减少 H_2O_2 在氧化 Fe^{2+} 的过程中出现分解损失,可采用电位控制法调节 H_2O_2 溶液的加料量,使最高电位不高于500 mV。由表1可知,在此电位下 Fe^{2+} 的氧化率可高达95%以上,这对于依靠 Fe^{3+} 氧化四价铀来说,电位值已相当高了。

综上所述,由于 H_2O_2 能将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} ,而过量的 H_2O_2 又可被 Fe^{3+} 氧化为 O_2 的性质,因此选择“ $\text{H}_2\text{O}_2+\text{Fe}^{2+}$ ”作为氧化无机化合物和有机化合物的氧化剂,其应用范围是十分广泛的。作者认为:芬顿试剂“ $\text{H}_2\text{O}_2+\text{Fe}^{2+}$ ”作为氧化剂应用时,催化氧化原理可分为两类:

(1) 通过 Fe^{3+} 进行氧化

在酸性条件下, H_2O_2 将 Fe^{2+} 快速氧化为 Fe^{3+} ,通过 Fe^{3+} 氧化其他化合物。在这类氧化过程中 H_2O_2 的作用只是将 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 。如铀矿酸浸中 UO_2 的氧化就属于这类氧化。

(2) 通过初生态氧进行氧化

溶液中 H_2O_2 加入量对于氧化全部 Fe^{2+} 为过量很多时,则发生 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 为 Fe^{3+} 和 Fe^{3+} 氧化 H_2O_2 为 O_2 的反应, O_2 形成之前的初生态氧 $[\text{O}]$ 具有很强的氧化能力,可氧化某些难氧化的有机化合物。

5 结 论

(1) H_2O_2 具有强氧化性,在酸性溶液中能将 Fe^{2+} 全部氧化为 Fe^{3+} 。 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 的过程中溶液氧化电位的高低主要取决于 Fe^{2+} 的氧化率, Fe^{2+} 氧化率愈高,氧化电位值就愈高。 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 为 Fe^{3+} 的反应需要酸参加,反应过程中 H_2O_2 被还原为 H_2O 。

(2) 酸性 H_2O_2 溶液中加入少量 Fe^{2+} 溶液后,混合溶液的氧化电位值比 H_2O_2 溶液自身的氧化电位值高。当溶液中 H_2O_2 含量对于氧化全部 Fe^{2+} 量为过量时, H_2O_2 除了显示氧化性外还可显示还原性。与 H_2O_2 氧化 Fe^{2+} 为 Fe^{3+} 比较, Fe^{3+} 氧化 H_2O_2 为 O_2 的能力较弱。 H_2O_2 在同 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 反应分解为 H_2O 和 O_2 的过程中,起催化剂作用的物质除铁离子外,还有酸。

(3) H_2O_2 电离常数很小,在酸性条件下用 H_2O_2 氧化无机化合物或有机化合物时,需要有 Fe^{2+} 或 Fe^{3+} 起催化作用。总的来说,芬顿试剂“ $\text{H}_2\text{O}_2+\text{Fe}^{2+}$ ”对其他化合物的催化氧化原理可分为 Fe^{3+} 氧化和初生态氧氧化。

(4) 采用 H_2O_2 作铀矿酸法堆浸与地浸的氧化剂时,对 H_2O_2 同 Fe^{2+} 的反应进行深入研究之后,可以认为:必须严格控制 H_2O_2 溶液的加料量,使溶液的氧化电位值不高于500 mV,则可实现加入的 H_2O_2 全部用于氧化 Fe^{2+} 而不过量。此外在 H_2O_2 溶液的加料过程中必须对溶液进行搅拌,避免局部过浓。这样就可避免 H_2O_2 被 Fe^{3+} 氧化为 O_2 以及还原后的 Fe^{2+} 又重新被 H_2O_2 氧化为 Fe^{3+} 所造成 H_2O_2 的催化分解损失。对于氧化剂需要量较多的铀矿石的氧化浸出来说,还可通过增加浸出剂中铁浓度的方法来提高 H_2O_2 用量,以强化铀的浸出。

参 考 文 献

- 1 Ring R J等. 湿法冶金, 1985年第4期 61
- 2 Galichon P, et al. In-Situ 1, 1977, 2, 125
- 3 陆家训译. 国外环境科学技术, 1992, 2, 47
- 4 云桂春, E·吉尔伯特, S·H·艾伯勒. 水处理技术, 1987, 13 (4), 194
- 5 Eligwe C A, Torma A E. Metall, 40. Jahrgang Heft 5 Mai 1986, 492
- 6 Eary L E, Metallurgical Transactions B, 1985, 16B (2), 185
- 7 张华麟. 无机反应机理. 上海, 上海科学技术出版社, 1988, 106
- 8 Филиппов А П. Радиохимия. том X X I x, Вып., 1987, 3, 303~309
- 9 王毅兴. 材料保护, 1990, 23 (11), 26
- 10 周长虹, 罗和平, 李贤成. 电镀与环保, 1995, 15 (6), 9
- 11 翟由涛. 环境科学技术, 1991, 4 (1), 21~22
- 12 周丰举. 河南化工, 1991, 2, 16
- 13 天津大学普通化学教研室编. 无机化学下册. 北京: 高等教育出版社, 1988, 52

图书在版编目 (CIP) 数据

中国核科技报告 CNIC-01151, BICM-0016: 应用 H_2O_2 作铀矿石浸出的氧化剂—— H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应的新研究/
高锡珍著. —北京: 原子能出版社, 1997. 5

ISBN 7-5022-1655-3

I. 中... I. 高... III. 核技术-研究报告-中国 N. TL-

2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 07646 号

应用 H_2O_2 作铀矿石浸出的氧化剂

—— H_2O_2 同 Fe^{2+} 反应的新研究

高锡珍著

©原子能出版社, 1997

原子能出版社出版发行

责任编辑: 武洁

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

中国核科技报告编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

开本 787×1092 1/16 · 印张 1/2 · 字数 13 千字

1997 年 5 月北京第一版 · 1997 年 5 月北京第一次印刷

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.

ISBN 7-5022-1655-3



9 787502 216559 >