

电子束辐照使活性炭再生的研究

朱 光 华

(北京师范大学低能核物理研究所, 北京)

H. Arai and M. Hosono

(Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Japan)

摘要 本文介绍了用 2 MeV 电子束辐照, 使吸附了月桂基硫酸钠的活性炭再生的实验结果, 再生率与束流大小、样品温度、氛围气体种类及辐照剂量等的关系; 表明电子束辐照使活性炭再生是一种很有前途的方法。

关键词 电子束辐照, 活性炭再生, 碘值

引 言

活性炭由于具有高效的吸附作用, 使其在工业、科研、国防等领域有着广泛的应用。用活性炭吸附有毒或恶臭的气体、粉尘是最常见的应用实例。近年来, 在废水深度处理中也广泛应用活性炭吸附水中的有机物、色素、界面活性剂和臭气等^[1]。活性炭的需用量正在不断增长。活性炭在使用过程中逐渐“老化”, 最终失去吸附能力。这种失去吸附能力的活性炭可以通过一定的加工后获得再生, 重新具有吸附能力。常规的活性炭再生方法(如加热法, 电解氧化法等^[2])不仅耗能大, 而且在再生过程中被吸附的物质有可能重新释放出来造成二次污染^[3,4]。近年来一些国家研究用射线辐照加工使活性炭再生^[5]。辐照能使吸附物质分解, 因此可以避免二次污染。对于如何找到合适的辐照条件, 降低辐照成本, 仍是当前不少实验室研究的课题。

本工作对吸附界面活性剂——月桂基硫酸钠的活性炭在电子束辐照下再生率与束流大小、吸附物多少、样品温度以及氛围气种类等的关系进行了实验测定, 并对结果进行了讨论。

实 验 方 法

1. 样品准备

本研究所用的活性炭是 Calgon F400 粒状活性炭, 平均颗粒为 0.9–1.1 mm。吸附界面活性剂的活性炭样品的制备方法如下: 将表 1 中所示的月桂基硫酸钠(SLS)量溶解在 18 L(样品 4 为 14 L)去离子水中, 搅拌均匀后取出约 5 ml 溶液用 DOHRMANN DC-80 有机碳测量仪测定溶液中总有机碳浓度(TOC); 然后加入表中所示的活性炭量搅拌 24 h, 将活性炭从溶液中取出, 凉干即为所需样品; 再取出约 5 ml 溶液测定其 TOC 值, 由加活性炭前后溶液的 TOC 值的变化, 求出每克活性炭吸附 SLS 量(见表 1)。

2. 辐照

电子束辐照是在日本高崎辐射化学研究所的 1–3 MV Dynamitron 型电子加速器上进行的。在本工作中, 加速电压为 2 MV。

图 1 示出了辐照靶室的结构示意图。靶室体能由电加热器加热。白金探测器 1 和 2 分别用来探测靶室体和样品的温度。氛围气体从进口 3 流入靶室。靶室顶部是厚度为 50 mg/cm² 的钛窗。

Tab 1. The conditions of the activated carbon adsorbing SLS

No. of sample	Amount of SLS(g)	Amount of AC (g)	TOC before adsorption (mg/l)	TOC after adsorption (mg/l)	Adsorbed amount by AC (g/g _{AC})
1	1.8	36.1	55.85	4.44	0.05
2	9.0	72.0	243.7	8.85	0.12
3	21.8	71.9	562.3	94.97	0.23
4	21.8	72.0	643.3	218.2	0.17

电子束穿过钛窗入射到样品上。本研究使用了氧气、氮气、水蒸汽和臭氧四种氛围气，使用 1、10 和 20 mA 三种电子束强度，对样品进行了不同剂量的辐照。

3. 碘值测量

本研究工作中,活性炭的吸附能力是通过测定它对碘的吸附能力——碘值来确定的。选用碘值是因为它既是活性炭特性的基本参数,又能方便而精确地测定的缘故。对原始活性炭、吸附了 SLS 的活性炭和吸附了 SLS 后在各种条件下辐照后的活性炭都分别测定了它们的碘值。测定是按日本工业标准协会推荐的关于活性炭性能测试方法进行的：在 90℃ 烘箱中将待测活 炭 烘 烤 6 h 移 至 干燥皿中冷却至室温，称取约 0.5 g 活性炭样品，加入 $50\text{ ml} \frac{N}{10}$ 的碘溶液，振荡 24 h 后用离心机将碘溶液与活性炭分离，取出 10 ml 澄清的碘溶液作为样品，用 N/10 硫代硫酸钠 滴 定。设使碘溶液黄色完全消失时硫代硫酸钠的用量为 B，则碘值 A 为^[6]

$$A = \frac{(10 - B \times f) \times 12.69 \times 5}{S} \text{ (mg/g)}$$

式中：f 为 N/10 硫代硫酸钠溶液因子，S 为所用活性炭重量(g)，B 的单位为 ml。

结 果 与 讨 论

碘值对吸附 SLS 量的依赖关系见图 2。从图中可以看到吸附量越高，碘值越低，这种倾

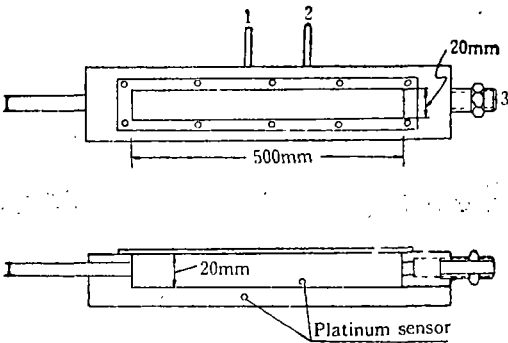


Fig 1. Schematic representation of the irradiation chamber

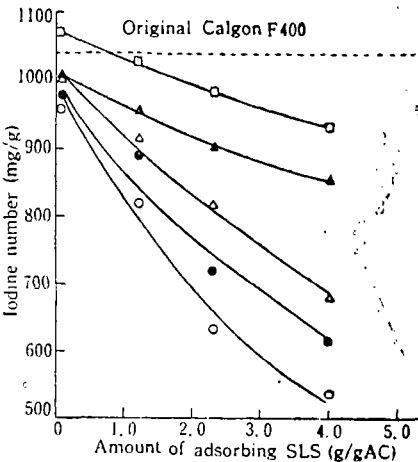


Fig 2. Relation between the iodine number of activated carbon and the amount of adsorbing SLS in nitrogen atmosphere
Irradiation dose (MGy): (□) 3.2 (▲) 1.6 (△) 0.8 (●) 0.4 (○) unirradiated

向在辐照剂量低时尤为明显。图3显示了样品3在不同氛围气——氧气、氮气、水蒸汽中辐照后测得的碘值。在氧气中碘值上升最快。但当辐照剂量大于0.8 MGy时,活性炭被烧毁。在氮气和

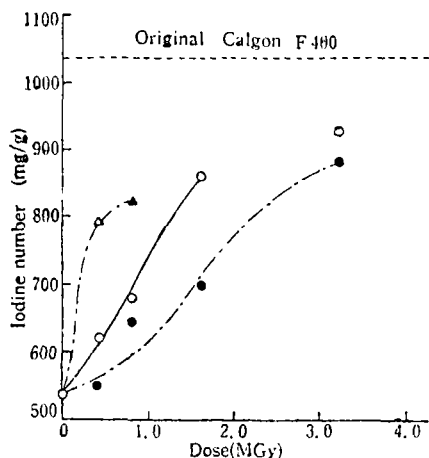


Fig 3. Relation between the iodine number of activated carbon and the atmospheric gases for the sample 3 (Δ) O_2 ($\circ$) N_2 ($\bullet$) Water vapour

水蒸汽中,活性炭在辐照剂量达到3.2 MGy时仍不会被烧毁。在氮气中碘值恢复得比在水蒸汽中快。图4表示在臭氧气氛下的情况,对于干燥样品用1 mA束流辐照或含水样品用10 mA束流辐照,碘值几乎不随辐照剂量增加而上升,但是,对于干燥样品,用10 mA束流辐照,碘值很快上升,当辐照剂量大于0.4 MGy时活性炭就被烧毁。因此,氮气气氛下辐照活性炭是合适的。图5显示了不同束流大小对碘值的影响。在相同辐照剂量下,束流越大,碘值越高。在1 mA束流辐照下碘值几乎不随辐照剂量增加而升高。这可能表示,当辐照束流较小时,样品温升不大,被活性炭吸附的物质虽然在辐照过程中被分解,但是这些被分解了的物质仍然难以脱离活性炭的吸附。在大束流辐照时,样品的温度上升很高,尤其在电子束经过的局部区域温度会更高,在高温下这些物质脱离活性炭的吸附,因此碘值就升高了。图6显示了样品在电子束辐照过程中,由白金探测器探测到样品达到的最高温度与碘值之间的关系。显然,在辐照过程中,样品达到的温度越高,对应的碘值越高,这进一步说明温度在脱吸过程中的作用。图7显示了吸附着不同量SLS的活性炭样品在氮气气氛中用10 mA束流辐照,不同剂量对应的碘值。对于吸附SLS量为0.05 g/gAC的活性炭样品,辐照剂量为1 MGy时,碘值的活性炭恢复率达到97%。根据这一实验结果,我们可以估算:对于1 m³这样的活性炭,用2 MV、10 mA电子束辐照到1 MGy,所需要的能量为12.7 kW。在日本市场上一

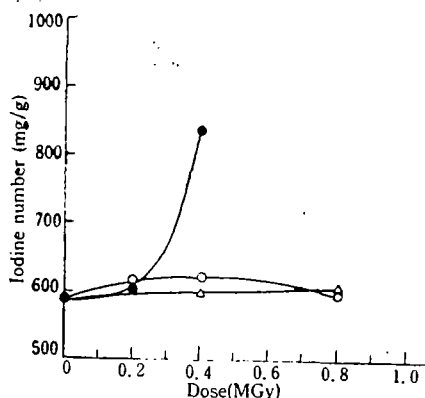


Fig 4. Dependence of iodine number on dose for sample 3 in ozone atmosphere (Δ) Beam current 1 mA, dry status ($\bullet$) Beam current 10 mA, dry status ($\circ$) Beam current 10 mA 60% water content

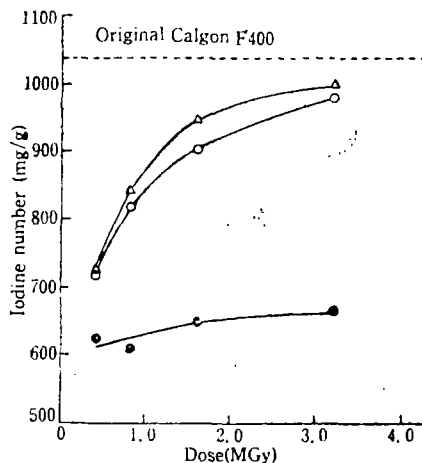


Fig 5. Effect of different beam current intensity on iodine number for sample 3 in nitrogen atmosphere Beam current(mA): ($\bullet$) 1 ($\circ$) 10 (Δ) 20

吨活性炭的价格约为 60 万日元，用蒸汽加热到 800℃ 进行再生处理，再生费用为每吨 20—30 万日元。用电子加速器辐照，辐照剂量为 1.5 MGy，其成本约为 1—2 万日元/吨，考虑人员费用等约为 5—6 万日元/吨。因此，电子束辐照活性炭再生方法是一种很有前途的经济的处理方法。

小 结

用 MV 级电子加速器产生的流强大于 10 mA 的电子束辐照老化了的活性炭，在电子束产生辐照分解和辐照升温两种作用下获得再生，使能量得到有效利用，与常规的蒸汽加热再生法相比是一种经济有效并能大大减少甚至避免二次污染的再生技术，是很有应用前途的。

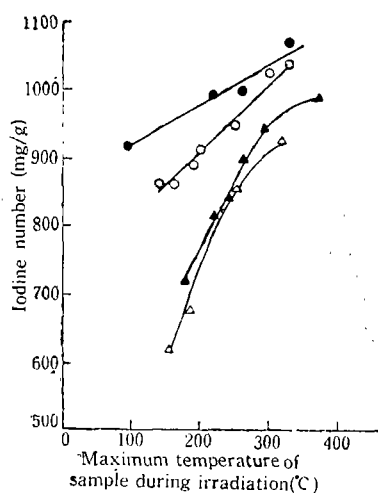


Fig 6. Dependence of iodine number of activated carbon on the maximum temperature of sample during irradiation
Adsorbed amount (g/gAc):
(●) 0.05 (○) 0.12
(▲) 0.23 (△) 0.40

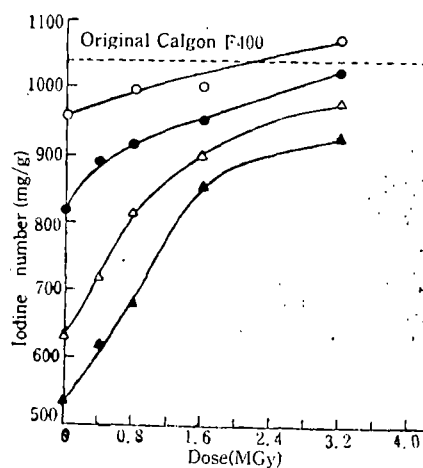


Fig 7. Relation between iodine number of activated carbon samples and dose irradiated with 10mA beam current in nitrogen
Adsorbed amount (g/gAc):
(○) 0.05 (●) 0.12 (△) 0.23 (▲) 0.40

参 考 文 献

- [1] W. C. May, Radiat. Cleanenviron., Proc. Int. Symp., IAEA, Vienna, 1975, 433-446.
- [2] 京才俊则, 水质污浊研究, 2, 97 (1979).
- [3] H. Frank and W. Frank, Nachr Techn. Lab., 34, 15 (1986).
- [4] H. Frank and W. Frank, Naturwis-Senschaften 72, 139 (1985 a).
- [5] D. Wissel, E. Boehler, C. Scholze, L. Haldenwang, W. Huhn, P. Ott, A. Heger, H. Dorschner and B. Ihme. Patent Ger. (East) No. DD 218, 073 (1985).
- [6] JIS K 1474-粒状活性炭试验方法 1975, p 2 (日本规格协会发行)。

(稿件收到日期: 1989 年 11 月 30 日)

STUDY ON REGENERATION OF ACTIVATED CARBON BY MEANS OF ELECTRON RADIATION

Zhu Guanghua,

(*Low Energy Nuclear Physics Research Institute, Beijing Normal University, Beijing*)

H. Arai and M. Hosono

(*Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Japan*)

ABSTRACT In present paper the results of regeneration of activated carbon adsorbing sodium lauryl sulfate (SLS) by 2 Mev electron radiation, and the dependence of the regeneration rate of activated carbon on the electron current intensity, the temperature of sample and the atmosphere were reported. It is shown that regeneration of activated carbon by electron radiation is full of promise.

KEYWORDS Electron radiation, Activated carbon Regeneration, Iodine number