

基于不同活化温度下玉米粉生物质电化学性能的研究

徐之恒¹, 朱 壁^{2*}

¹合肥市第一中学, 安徽 合肥

²合肥市第八中学, 安徽 合肥

Email: *1695262606@qq.com

收稿日期: 2021年7月25日; 录用日期: 2021年8月9日; 发布日期: 2021年8月25日

摘 要

本实验以玉米粉为生物质, 氢氧化钾为活化剂制备活性炭。采用电化学工作站对活性炭的电化学性能进行分析测试, 探究了在不同活化温度下玉米粉生物质电化学性能的不同之处。结果表明, 当碳化温度达到800℃时, 所制备的玉米粉生物质活性炭的电化学性能最好。

关键词

电化学性能, 活性炭, 生物质, 活化温度

Study on Electrochemical Properties of Corn Flour Biomass Based on Different Activation Temperatures

Zhiheng Xu¹, Bi Zhu^{2*}

¹Hefei No. 1 High School, Hefei Anhui

²Hefei No. 8 High School, Hefei Anhui

Email: *1695262606@qq.com

Received: Jul. 25th, 2021; accepted: Aug. 9th, 2021; published: Aug. 25th, 2021

Abstract

In this experiment, the activated carbon was prepared by using corn flour as biomass and potas-

*通讯作者。

文章引用: 徐之恒, 朱壁. 基于不同活化温度下玉米粉生物质电化学性能的研究[J]. 分析化学进展, 2021, 11(3): 161-165. DOI: 10.12677/aac.2021.113018

sium hydroxide as activator. The electrochemical performance of the activated carbon was analyzed and tested by electrochemical workstation, and the differences of electrochemical properties of corn flour biomass at different activation temperatures were explored. The results show that when the carbonization temperature reaches 800°C, the electrochemical performance of the activated carbon prepared from corn flour biomass performs the best.

Keywords

Electrochemical Properties, Activated Carbon, Biomass, Carbonization Temperatures

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

众所周知, 科学的价值在于预判未来并解决相应问题。能源对于人类发展必不可缺, 历史上许多次人类文明的伟大进步都是因为能源的科学利用。第一次工业革命用蒸汽为世界解开了现代化的幕布; 一百年后, 第二次工业革命对于电力的使用更是人类发展里程碑上浓墨重彩的一笔。但是, 环观当今社会, 人类建立鳞次栉比的火力与水力发电站, 他们对于大量能源的渴求对许多地方的生态环境造成了不可逆污染。科学界看到这不乐观的未来, 并宣称如果任由这种情况持续下去, 全体人类的未来将社稷为墟。由此, 为了解决这个问题即寻找到其他可行的发电方法, 使用生物质为原料制作电极成为了一种看似可行的方法。

生物质具有环保, 价廉等特点, 是理想的制备电极的原材料。在笔者的祖国中国这个农业大国, 获取大量实验用生物质易如反掌。与此同时, 超级电容器也具有长生命周期, 高比功率密度和高度可逆充电储电功能。与传统电容器相比, 它具有更高的比容量、更高的能量密度和功率密度, 较宽的工作温度范围和极长的循环寿命; 而与二次电池相比, 它具有较高的功率密度, 较快的充放电速率且对环境无污染。锂离子电池, 主要通过离子的嵌入与脱出来实现能量的存储与释放, 因此它的充放电速率比较慢。而超级电容器通过电极与电解液接触面附近形成的正负双电层来存储能量, 它在很短的时间内就能释放大量电流。在新能源汽车启动和加速时, 需要提供大功率的辅助动力, 这时超级电容器便能发挥它的优势。从上世纪九十年代起, 许多科学家就在孜孜不倦地研究和发物质基超级电容器的价值[1][2]。Jin 等通过废弃纤维板制备焦炭组装而成的超级电容器比电容为 230 F/g [3]; Liu 等人对于生物质水热活化改性后得到了表面积为 1813 m²/g 的活性炭[4]; Raymundo-Pinero 等以海藻酸钠为前驱体原料制备超级电容器用活性炭, 展现出了良好的电化学性能[5]。然而, 前人的研究集中在改进活化过程中使用的生物质以及活化剂种类等, 对于活化过程中的活化温度却很少涉及。

活化过程中的活化温度对于电极制备至关重要: 在最佳活化温度下, 生物质电极的性能大大提高, 同时适合的活化温度也可以节省能量消耗, 起到保护环境的效果。本文以玉米粉为生物质原料, 氢氧化钾为活性剂制备活性炭并组装超级电容器, 研究不同活化温度对其电化学性能的影响并记录其工艺和相关参数。实验结果表明, 在碳化温度 800°C 的情况下, 基于玉米粉生物质的活性炭电化学性能达到最佳。本文采用玉米粉在氮气气氛下使用 KOH 制备活性炭, 整个工艺简单, 无废渣排放, 环境污染小, 为农业生物质及其废料的综合利用提供了广阔的研究前景。

2. 实验材料及制备工艺

2.1. 制备玉米粉生物质活性炭所需的材料及制备工艺

将玉米粉(安琪酵母股份有限公司)放到管式炉(合肥科晶材料技术有限公司 OTF-1200X)中, 在氮气保护下以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升到 500°C , 保持该温度碳化 1 小时。取出所得碳化物与氢氧化钾(天津市富起化工有限公司)按照质量比 1:3 混合, 研磨均匀后放入坩埚里。将前述混合物在氮气保护下以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率, 分别加热至 600°C , 700°C , 以及 800°C , 恒温 1 小时, 随后冷却至室温。再将所得三份混合物用稀盐酸洗至中性, 过滤, 并于烘箱中 80°C 干燥, 最终获得不同活化温度下玉米粉生物质活性炭共三份。

2.2. 制备电极所需的材料及工艺

以 8:1:1 的质量比称量 1.1 中所制备的玉米粉生物质活性炭, 导电炭黑(美国 CABOT), 粘合剂(PTFE), 并按活化温度将其分别编号为 CF600、CF700, 以及 CF800。对粘合剂进行超声分散, 并将三种物质混合后研磨。然后将混合物分别均匀涂抹在泡沫镍上, 80°C 烘干 10 小时后, 使用压片机(上海博迅实业有限公司)在 10 kPa 的压力下压片成型。

3. 电化学性能测试与分析

本实验中对制成的泡沫镍电极采用三电极测试。此三电极含有由上述步骤所制备的活性炭组成的工作电极, 铂片对电极和饱和甘汞电极(SCE)组成; 电解液采用 6 mol/L 的氢氧化钾电解液。

3.1. 不同活化温度下玉米粉生物质活性炭在扫描速度为 5~60 mV/s 下的循环伏安测试

在扫描速度分别为 5 mV/s、10 mV/s、20 mV/s、40 mV/s、以及 60 mV/s 下循环伏安测试(CV)结果显示: 在 600°C 、 700°C 、 800°C 下活化制备玉米粉生物质活性炭 CV 曲线(见下图 1(a)~(c))均呈现矩形, 且在活化温度为 600°C 时, 极化程度较为严重; 但是在活化温度为 800°C 下时, 图像极化程度较轻, 形状趋于完美, 可能原因为随着活化温度的升高, 多孔碳石墨化程度、比表面积、孔容均呈现增大趋势, 增加了电极的比电容[6]。

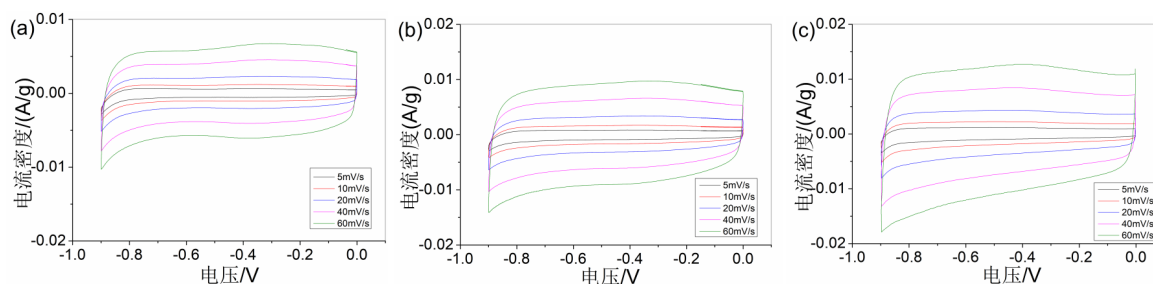


Figure 1. (a) CV diagram of activation at 600°C at different scanning speeds; (b) CV diagram of activation at 700°C at different scanning speeds; (c) CV diagram of activation at 800°C at different scanning speeds

图 1. (a) 不同扫描速度下 600°C 活化时的 CV 图; (b) 不同扫描速度下 700°C 活化时的 CV 图; (c) 不同扫描速度下 800°C 活化时的 CV 图

3.2. 不同活化温度下玉米粉生物质活性炭在电流密度为 1~20 A/g 下的充放电测试

在电流密度为 1 A/g、2 A/g、5 A/g、10 A/g、20 A/g 下恒流充放电测试(GCD)结果显示, 在 600°C 、 700°C 、 800°C 活化温度下制备玉米粉生物质活性炭 GCD 曲线(见图 2(a)~(c))均呈现三角形, 且在活化温度为 600°C 时, 所制备材料的放电时间较短; 而在活化温度为 800°C 下时, 放电时间最长, 其可能原因是随着活化温度升高, 其比表面积随之增大。该实验结果与循环伏安测试结果一致。

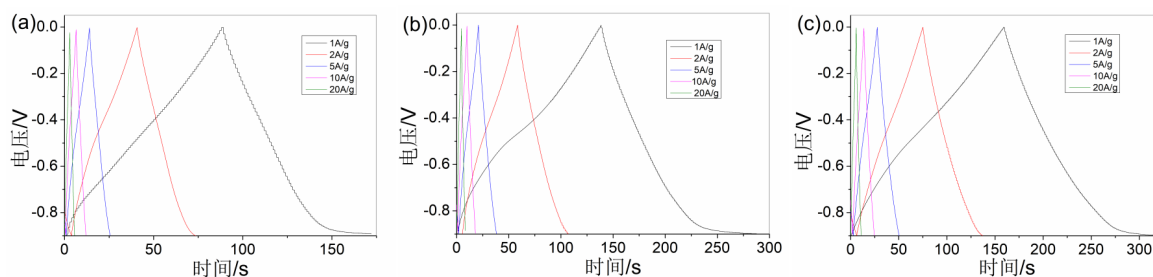


Figure 2. (a) GCD diagram of 600°C activation at different current densities; (b) GCD diagram of 700°C activation at different current densities; (c) GCD diagram of 800°C activation at different current densities

图 2. (a) 不同电流密度下 600°C 活化时的 GCD 图; (b) 不同电流密度下 700°C 活化时的 GCD 图; (c) 不同电流密度下 800°C 活化时的 GCD 图

3.3. 在 600°C、700°C、800°C 下 活化的玉米粉生物质活性炭的 CV、GCD 测试

图 3 为玉米粉生物质在不同活化温度下制备的活性炭, 在扫描速度为每秒 60 毫伏下的循环伏安测试曲线。从图中可以看出 CV 曲线形状近似矩形, 即呈现双电层超级电容器所具备的显著特点。通过 CV 测试结果可知, 活化温度越低, 玉米粉生物质活性炭电化学性能越差; 与此同时, 不难发现在活化温度为 800°C 时, 其 CV 图线内面积最大, 玉米粉生物质活性炭的比电容最高。

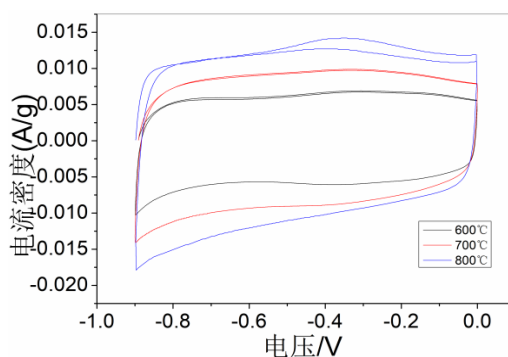


Figure 3. CV curve of corn meal biomass activated carbon at 60 mV/s sweep rate at different activation temperatures

图 3. 不同活化温度下玉米粉生物质活性炭在 60 mV/s 扫速下的 CV 曲线

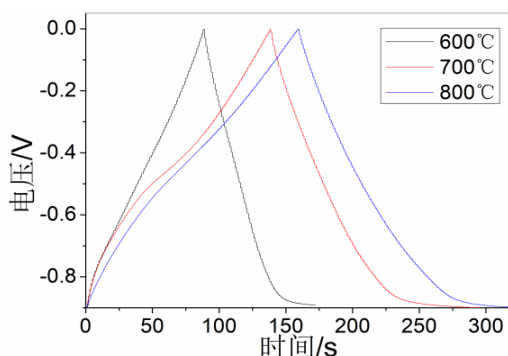


Figure 4. GCD curve of activated carbon from corn flour biomass at 1 A/g at different activation temperatures

图 4. 不同活化温度下玉米粉生物质活性炭在 1 A/g 下的 GCD 曲线

图 4 为玉米粉生物质活性炭在电流密度为 1 A/g 下充放电测试结果。通过计算可得, 在活化温度为 600℃、700℃、800℃时, 玉米粉生物质活性炭的比电容分别为分别为 77、145、166 F/g。通过以上二图可知, 将玉米粉生物质制备活性炭作为超级电容器的电极材料, 可以使得其拥有强大的电容特性; 由以上电化学性能测试分析显示, 当活化温度越高(即 800℃)时, 由玉米粉生物质活性炭所制备电极组装的超级电容器性能越好。

4. 结论

利用生物质原料制备活性炭, 不仅能够避免资源浪费和环境污染等问题, 还可以起到“以废治污”的作用。本文以玉米粉为原材料, 重点着墨于不同活化温度下由该生物质制备的活性炭的电化学性能以及对于其用于超级电容器电极材料的分析与探究。

该实验获得以下几点结论:

1) 活化温度对生物质活性炭电化学性能有所影响, 且在 800℃下活化制备产物电化学性能最佳, 计算得比电容最高为 166 F/g;

2) 玉米粉是一种良好的制备活性炭的原材料, 将其作为电极所获得的超级电容器性能优秀。

利用玉米粉以简单易行的方法, 使用 KOH 制得的活性炭比表面积高, 应用范围广, 经济效果显著; 且整个工艺无废渣排放, 环境污染小。

参考文献

- [1] Asadul, I.Md., Lin, O.H., Al Rey, V., *et al.* (2021) Biomass-Derived Cellulose Nanofibrils Membrane from Rice Straw as Sustainable Separator for High Performance Supercapacitor. *Industrial Crops and Products*, **170**, Article ID: 113694. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113694>
- [2] 李雪芹, 常琳, 赵慎龙, 等. 基于碳材料的超级电容器电极材料的研究[J]. 物理化学学报, 2017, 33(1): 130-148.
- [3] Jin, X.J., Zhang, M.Y., Wu, Y., *et al.* (2013) Nitrogen-Enriched Waste Medium Density Fiberboard-Based Activated Carbons as Materials for Supercapacitors. *Industrial Crops and Products*, **43**, 617-622. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.08.006>
- [4] Liu, B., Zhou, X.H., Chen, H.B., *et al.* (2016) Promising Porous Carbons Derived from Lotus Seedpods with Outstanding Supercapacitance Performance. *Electrochimica Acta*, **208**, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2016.05.020>
- [5] Encarnacion, R.-P., Fabrice, L. and Francois, B. (2006) A High-Performance Carbon for Supercapacitors Obtained by Carbonization of a Seaweed Biopolymer. *Advanced Materials*, **18**, 1877-1882. <https://doi.org/10.1002/adma.200501905>
- [6] 吴健, 张琪, 刘家琴, 等. 碳化活化温度对生物质基多孔碳/硫复合正极材料电化学性能的影响[J]. 材料热处理学报, 2019, 40(7): 10-17.