

微波辐射对 NaClO 漂白麦草浆白度与硬度影响的研究

邓宇¹ 甘灰炉¹ 李建颖²

¹ (天津科技大学材料科学与化学工程学院 天津 300457)

² (天津商业大学生物技术与食品科学学院 天津 300134)

摘要 考察微波辐射对麦草浆漂白白度与硬度的影响。微波辐射影响微波辐射纸浆漂白白度与硬度的因素有3项:微波辐射时间、辐射功率、次氯酸钠用量。实验得到:随着微波辐射功率、时间、次氯酸钠用量增加白度升高硬度下降;与水浴的对比实验可见漂白纸浆达到相同白度时高锰酸钾值基本相同;漂白时间大大缩短至2 min。

关键词 微波, 漂白, 麦草浆, 高锰酸钾值

中图分类号 TQ125.156, TS745, X131.2

我国老纸厂的纸浆漂白几乎全是有氯漂白, 20世纪80年代末和20世纪90年代初新建的一批大型漂白硫酸盐纸浆厂, 虽已使用二氧化氯漂白剂, 但在第一处理阶段仍保留着氯漂, 或在氯漂中加入约50%二氧化氯, 至今未有无元素氯漂白^[1] (Elemental Chlorine Free, ECF)。

ECF漂白的投资费用相对较低, 但要在完全不使用氯气情况下达到一定的白度要求, 须额外增加不少二氧化氯用量, 其对成本的影响是显而易见的。

微波是颇具发展潜力的一种新浸出溶出技术。它能使细胞内的温度首先升高, 而非极性溶剂仍处于“冷态”, 因此传热方向是从细胞内到细胞外, 再进一步扩散到溶剂中。这与浸出过程的传质方向相同, 有效成分也是从细胞内扩散到细胞外, 然后向外扩散至溶剂中。传统热浸出的加热不均匀性导致其效率低下, 这也就是微波浸出的优势所在^[2]。采用微波辐射技术可提高效率, 使液固浸取扩散过程所受阻力减小, 促进扩散过程进行。同时, 分子有如此频繁的摆动, 其摩擦产生大量热促使细胞破裂, 使溶剂易于穿透细胞壁。因此, 微波萃取日益受到重视^[3,4]。

使用微波辐射和添加 NaClO 漂白麦草浆, 考察了微波辐射时间、辐射功率、次氯酸钠用量对麦草浆漂白白度与硬度的影响。

1 实验材料和方法

1.1 实验药品、原料及仪器

1.1.1 药品与原料 安替福民(次氯酸钠)化学纯; 碘化钾(KI)分析纯; 氢氧化钠, 分析纯; 硫代硫酸钠, 分析纯; 冰乙酸, 分析纯; 淀粉, 分析纯; 高锰酸钾, 分析纯, 均为天津市文达稀贵试剂化工厂出品。麦草浆, 原始白度 29.32%ISO, 原始高锰酸钾值 7.76, 天津科技大学制浆造纸实验室提供。

1.1.2 仪器 微波炉: MAS 型常压微波合成反应器, 上海新仪微波化学科技有限公司; D—8401 型多功能搅拌器天津市华兴科学仪器厂, 电热恒温水浴锅为天津市天宇机电有限公司制造; WSD—III全自动白度计由北京市康光仪器有限公司提供。

1.2 实验工艺

根据不同反应条件, 将未漂白麦草浆(10g 绝干浆)分散后, 制成悬浮液, 调节 pH 值, 然后加入不同量 NaClO 漂液, 调节浆浓进行漂白(在恒温水浴锅中或微波炉中)。漂白结束待浆液冷却至室温后, 过滤洗涤, 抄片, 并对过滤漂液进行分析, 同时测定漂白后浆的白度和高锰酸钾值。

1.3 实验分析与检测

1.3.1 纸浆白度的测定 漂白浆冷却至室温后进行

天津应用基础及前沿技术研究计划重点项目“微波能生物质漂白工艺机理与方法研究”(07JCZDJC03700)、河南自然科学基金“微波辐射麦草浆清洁漂白方法研究”(0611022100)资助

第一作者: 邓宇, 男, 1961年1月出生, 1983年毕业于天津大学, 化工系基本有机化工专业, 目前就职于天津科技大学材料科学与化学工程学院, 教授, 研究方向: 天然物提取、改性及精细有机合成

收稿日期: 初稿 2008-03-07, 修回 2008-06-24

抄片, 并将纸片放于通风处自然晾干, 然后用 WSD—III 全自动白度计采用 5 点分别测定纸片正反面白度, 取其平均值。

1.3.2 纸浆硬度的测定

$$\text{高锰酸钾值 (K 值)} = \frac{V_1 - V_2}{G}$$

式中, V_1 为加入的 0.02mL/L 高锰酸钾溶液量 (mL); V_2 为滴定时所耗用的 0.1mol/L 硫代硫酸钠溶液量 (mL); G 为绝干浆料重 (g)。

2 结果与讨论

2.1 NaClO 用量对纸浆白度与硬度影响

NaClO 用量对纸浆漂白的的影响很大, 用量太少达不到漂白效果, 用量过多又会对纤维长度造成严重破坏, 考察 NaClO 用量对纸浆漂白效果的影响, 结果如表 1 所示。

Table 1 Effect of sodium hypochlorite dosage on whiteness and hardness of pulp

NaClO mass fraction / %	Whiteness / %ISO	K value
2.1	51.59	5.32
3.1	56.75	4.78
4.2	60.46	4.53
5.2	61.72	4.21
5.7	62.17	4.18
6.2	62.43	4.11

Pulp concentration: 7%, NaOH mass fraction 2%, Microwave power: 200W, Time: 2min

从表 1 可以看出, 随 NaClO 用量增加, 纸浆白度提高, K 值下降。在 NaClO 用量在 0%~4.2% 范围内, 随 NaClO 用量增加, 纸浆白度提高较快, 由原始白度 29.32% ISO 提高到 60.46%ISO, 增加了 41 多个百分点; K 值由原始高锰酸钾值 7.76 下降到 4.53。但继续增大 NaClO 用量, 纸浆白度提高却非常有限, 在 NaClO 用量由 4.2% 增加到 6.2%, 纸浆白度只提高了不到 1.21% ISO; K 值基本变化不大。

2.2 微波辐射功率对纸浆白度与硬度影响

微波辐射功率在一定程度上反应了一定的反应温度。对于纸浆漂白, ClO^- 释放的快慢影响较大, 合理的辐射功率决定了 ClO^- 合适的释放速度, 也决定了其和纸浆的反应效果。考察不同辐射功率对纸浆漂白效果的影响, 结果如表 2 所示。

Table 2 Effect of MI power on whiteness and hardness of bleached wheat straw pulp

Power / W	Whiteness / %ISO	K value
160	59.23	4.80
180	59.65	4.74
200	60.17	4.55
220	60.38	4.40
240	60.42	4.17

Pulp concentration: 7%, NaClO mass fraction 4.2%, NaOH mass fraction 2%, Time: 2min

从表 2 可以看出, 随微波辐射功率提高, 纸浆白度升高, 辐射功率在 160~220W 时, 纸浆白度升高较快, 由 59.23% ISO 上升到 60.38% ISO; 辐射功率上升到 220W 以后, 纸浆白度提高趋势有所减缓。这可能是由于在一定时间内, 当微波功率提高到 220W 时, NaClO 已经绝大部分分解并用来漂白纸浆, 当辐射功率再提高时, 虽然理论上 NaClO 分解与纸浆漂白速率提高, 但此时 NaClO 已基本消耗完毕, 所以纸浆白度几乎不再升高。

随微波辐射功率提高, 纸浆 K 值一直下降。当微波功率提高到 220W 时, 虽然 NaClO 已基本消耗完毕, 纸浆白度出现停滞阶段, 但木素、纤维素、半纤维素和碳水化合物却进一步被破坏, 所以 K 值继续降低。

2.3 微波辐射时间对纸浆白度与硬度影响

对于纸浆漂白来说, 漂白时间过短不能达到漂白效果, 漂白时间过长又有可能对纤维造成过多破坏。考察不同辐射时间对白度与硬度影响, 结果如表 3 所示。

Table 3 Effect of MI time on whiteness and hardness of bleached wheat straw pulp

Time / min	Whiteness / %ISO	K value
1.0	58.55	4.57
1.5	59.80	4.52
2.0	60.14	4.47
2.5	61.56	4.04
3.0	59.31	3.33

Pulp concentration: 7%, NaClO mass fraction 4.2%, NaOH mass fraction 2%, Microwave power: 200W

从表 3 可以看出, 随微波辐射时间增加, 纸浆白度的变化规律大概可分为两阶段。前 2.5min 随辐

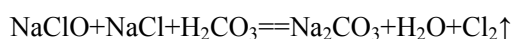
射时间增加,纸浆白度提高较快,由 29.32% ISO 提高到 61.56% ISO,增加了 32.24% ISO,在辐射时间到 2.5min 时,纸浆白度达到最高,为 61.56% ISO; 2.5min 以后为第二阶段,纸浆白度随时间的延长出现下降。原因可能是到漂白后期,漂液中的 NaClO 已基本消耗完,纸浆不能得到进一步漂白,而纸浆却过长时间处在高温碱性环境中,从而引起纸浆返黄,故纸浆白度反而有所下降。

随微波辐射时间增加,纸浆 K 值一直处于下降阶段。在辐射时间为 2.5min 时, K 值为 4.47,比辐射时间 2min 时 K 值下降了 0.43,同时白度升高了 1.42 个百分点。在辐射时间为 3min 时,纸浆白度及 K 值均下降。

综合考虑以上因素,微波辐射时间应控制在 2.5min 左右。

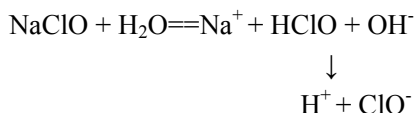
2.4 NaOH 用量对纸浆漂白白度与硬度影响

NaClO 溶液极不稳定,加酸就能迅速分解出氯气。空气中的二氧化碳也可以使它分解:



因此,次氯酸钠溶液中,必须有过量的碱,才能保持溶液的稳定性。否则溶液将逐步分解而丧失漂白能力。

NaClO 按下式进行分解:



NaClO 漂液本身呈一定碱性,但在纸浆漂白过程中会对碱有一定量消耗,为了保证纸浆处在非酸性条件下,即为了避免对纤维长度造成过多破坏,需要在纸浆漂白过程中加入一定量的 NaOH。考察不同 NaOH 用量对纸浆漂白效果的影响,结果如表 4 所示。

Table 4 Effect of Sodium hydrate dosage on whiteness and hardness of bleached wheat straw pulp

NaOH mass fraction / %	Whiteness / %ISO	K value
0.4	61.08	3.94
1.0	61.48	4.04
2.0	61.28	3.97
3.0	57.83	4.81
4.0	55.46	5.01

Plup concentration: 7%, NaClO mass fraction 4.2%, Microwave power: 200W, Time: 2.5min

从表 4 可以看出,随 NaOH 用量增加,纸浆白度的变化规律大概可分为二个阶段。在 NaOH 用量 0.4%~2.0% 范围内,随 NaOH 用量增加,纸浆白度基本不变,都在 61% ISO~65% ISO 之间;当 NaOH 用量增加到 2% 以后,随 NaOH 用量增加,纸浆白度降低,这可能是由于碱性越大,NaClO 分解产生 ClO^- 的速率越慢,纸浆漂白随之减慢,另一方面纸浆处在高温强碱的条件下也会引起一定程度返黄。

随 NaOH 用量增加,纸浆 K 值也增加,不利于下一步的漂白。所以要根据实际需要来选择 NaOH 用量。

2.5 微波辐射与水浴加热 NaClO 漂白纸浆的对比实验

进行了微波辐射与水浴加热 NaClO 漂白纸浆的对比实验,实验结果如表 5。

Table 5 Comparison of bleached pulp by water bath and microwave irradiation

Bleaching way	No.	Time/min	Whiteness / %ISO	K value
Microwave	1	1.0	58.55	4.57
	2	1.5	59.80	4.52
	3	2.0	60.14	4.47
	4	2.5	61.56	4.04
	5	3.0	59.31	3.33
Water bath	1	30.0	58.74	4.80
	2	50.0	59.89	4.69
	3	70.0	60.64	4.55
	4	90.0	61.26	4.36
	5	110.0	62.54	4.11

Microwave—Plup concentration: 7%, NaClO mass fraction 4.2%, NaOH mass fraction: 2%, Microwave power: 200W
Water bath—Plup concentration: 7%, NaClO mass fraction 4.2%, NaOH mass fraction: 2%, Temperature 38℃

3 结论

微波辐射代替水浴加热应用于 NaClO 纸浆漂白是一种切实可行的方法。与水浴加热漂白相比,纸浆白度相当时,纸浆硬度(高锰酸钾值)基本相当,但微波辐射的漂白时间大大缩短,有利于节省能源和提高工作效率。

参考文献

- 1 谢来苏,詹怀宇,主编.制浆原理与工程[M].北京:中

- 国轻工业出版社, 第二版, 2001. 260-307
- XIE Laisu, ZHAN Huaiyu. Theory with project on preparation pulp[M]. Beijing: Publishing House of Chinese Light Industry, Second edition, 2001. 260-307
- 2 冯建敏, 邓宇, 李兰青子. 辐射研究与辐射工艺学报, 2005, **23**(5): 270-273
- FENG Jianmin, DENG Yu, LI Lanqingzi. J Radiat Res Radiat Process, 2005, **23**(5): 270-273
- 3 邓宇, 冯建敏. 印染助剂, 2005, **22**(7): 31-33
- DENG Yu, FENG Jianmin, Text Aux. 2005, **22**(7): 31-33
- 4 金欣汉. 微波化学[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 89-91
- JIN Xinhuan. Microwave chemistry[M]. Beijing: Science Press, 1999. 89-91

Effect of microwave radiation on whiteness and hardness of bleached wheat straw pulp

DENG Yu¹ GAN Huilu¹ LI Jianyin²

¹ (Tianjin University of Science and Technology, College of Chemistry and Industry, Tianjin 300457, China)

² (Tianjin university of commerce, College of Biotechnology and Food Science, Tianjin 300134, China)

ABSTRACT Effect of microwave radiation on whiteness and hardness of bleached wheat straw pulp were investigated. It has been found that microwave irradiation time, microwave irradiation power and sodium hypochlorite dosage are the main parameters to the whiteness and hardness of bleached wheat straw pulp. The experiment show that with the increment of microwave irradiation power, microwave irradiation time and concentration of sodium hypochlorite whiteness of pulp can increase but hardness decreases. In this paper the bleaching processing experiments by use of water bath and microwave radiation have been done and the results indicate that at the same whiteness of bleached pulp the microwave radiation can save much more bleaching time compared with that by water bath.

KEYWORDS Microwave radiation, Bleaching, Wheat straw pulp, Potassium permanganate value

CLC TQ125.156, TS745, X131.2