

· 蔗渣浆臭氧漂白 ·

蔗渣氧碱浆的臭氧漂白研究



作者简介：吴祖东先生，硕士，工程师；主要从事清洁制浆技术方面的研究及纸制品检验等方面的工作。

吴祖东¹ 陈克利^{2,*} 朱 维¹ 俞华峰¹ 连华阳³ 孙海梅³ 吴初柱⁴ 范 青⁵
 (1. 云南省造纸产品质量监督检验站, 云南昆明, 650034; 2. 昆明理工大学制浆造纸工程研究中心, 云南昆明, 650500; 3. 山东省造纸工业研究设计院, 山东济南, 250014; 4. 湖北富邦科技股份有限公司, 湖北武汉, 430200; 5. 鄂州市水文水资源勘测局, 湖北鄂州, 436000)

摘 要：本研究对清洁的臭氧以及过氧化氢系漂白工艺的蔗渣氧碱浆漂白效果进行了探索与优化。结果表明，在浆浓40%、臭氧浓度为0.9 kg/(min·t)（以绝干浆计）、常温漂白10 min、复合酸用量1.5%、pH值2.5的条件下，可获得理想的臭氧漂白蔗渣氧碱浆。该浆在氧碱浆基础上，白度从58.6%提高到74.5%，增加15.9个百分点；黏度从827 mL/g下降到780 mL/g，降低5.7%。最佳臭氧漂白条件下得到的纸浆再进行过氧化氢漂白或氧强化过氧化氢漂白，在纸浆黏度基本保持不变的条件下，纸浆白度达80%以上。

关键词：蔗渣；氧碱浆；臭氧漂白；过氧化氢漂白；TCF漂白

中图分类号：TS745 文献标识码：A DOI: 10.11980/j.issn.0254-508X.2021.08.005

Study on Ozone Bleaching of Bagasse Oxygen Alkaline Pulp

WU Zudong¹ CHEN Keli^{2,*} ZHU Wei¹ YU Huafeng¹ LIAN Huayang³ SUN Haimei³ WU Chuzhu⁴ FAN Qing⁵
 (1. Yunnan Paper Quality Supervision and Inspection Station, Kunming, Yunnan Province, 650034; 2. Research Center of Pulp and Paper Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan Province, 650500; 3. Shandong Papermaking Industry Research & Design Institute, Jinan, Shandong Province, 250014; 4. Hubei Forbon Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei Province, 430200; 5. Ezhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Ezhou, Hubei Province, 436000)

(*E-mail: chenkelikami@163.com)

Abstract: In this study, it was explored and optimized the bleaching effects on bagasse oxygen alkaline pulp of clean ozone and oxygen bleaching processes with hydrogen peroxide. It was shown that the ideal ozone bleached bagasse oxygen alkaline pulp could be obtained under the conditions of the pulp concentration of 40%, ozone concentration of 0.9 kg/(min·t) (calculated as absolute dry pulp), bleaching for 10 min at room temperature, compound acid dosage of 1.5%, and pH value of 2.5. Compared with original oxygen alkaline pulp, the whiteness of ozone bleached bagasse oxygen alkaline pulp increased from 58.6% to 74.5%, with an increase of 15.9 percentage points, and the viscosity of it decreased from 827 mL/g to 780 mL/g, with a decrease of 5.7%. When the viscosity of the pulp basically unchanged, the ozone bleaching pulp obtained under optimum conditions was further bleached with hydrogen peroxide or oxygen enhanced hydrogen peroxide, whose whiteness could be reached more than 80%.

Key words: bagasse; oxygen alkaline pulp; ozone bleaching; hydrogen peroxide bleaching; TCF bleaching

蔗渣用于造纸具有自身的特殊性，首先，蔗渣产量大且集中，作为制糖工业的副产品，我国每年蔗渣产量约800万^[1-2]；蔗渣纤维素含量50%~55%，与木材纤维素含量差不多，比稻、麦草高；木质素含量20%左右，比木材低，容易蒸煮；硅含量比稻、麦草低，高于木材，碱回收基本没有硅干扰问题。其次，蔗渣是一种结构复杂、颗粒粒度大小不一而组织疏松的混合纤维原料，使得蔗渣吸液性极强^[3]，有利于与

制浆药液混合和反应。这也使得具有清洁、节能的氧碱制浆技术能成功地应用于蔗渣的蒸煮，且能获得白度和得率均能达到或超过60%的蔗渣氧碱浆^[4]。依托蔗渣独有的组织特征，通过环境友好的氧碱法获取较

收稿日期：2021-04-08（修改稿）

*通信作者：陈克利，教授，博士生导师；主要从事清洁制浆等方面的研究。

为理想的氧碱浆，虽然在非木材原料制浆节能、清洁化道路上可以说是迈出了一大步，但如果后续的漂白技术实现不了清洁漂白的目标，则难以达成真正意义上的蔗渣清洁制浆。

对于氧碱浆的漂白而言，安全环保的TCF漂白技术的应用有着极为重要的意义^[5]。TCF漂白过程中若仅使用氧气和过氧化氢2种漂白试剂很难达到理想的漂白效果，而同为含氧漂白剂的臭氧则成为TCF漂白应用不可或缺的关键组合。1999年，梅塞尔的德国威德公司生产的臭氧制造装置臭氧浓度达到187 g/m³，产生效率为125 g/kWh，产量为100 kg/h，实现了规模化生产^[6]，为臭氧广泛应用于纸浆漂白奠定了基础。维美德公司研发的Ze-Trac™高浓臭氧漂白系统使臭氧脱木素反应选择性更好，纸浆强度几乎可以和ECF漂白浆的强度相匹敌^[7]。如今，臭氧漂白工段已经应用到不同浆种（高得率浆除外）的TCF漂白过程中。但与传统的漂白工艺相比，具有强氧化性的臭氧对纸浆的漂白选择性较差，在氧化木素的同时，碳水化合物降解，使纸浆的黏度、强度和得率下降。因此如何提高漂白的选择性一直是臭氧漂白研究关注的一个焦点。本研究将蔗渣氧碱浆进行臭氧和过氧化氢漂白，构建氧系制浆工艺，在优化蔗渣氧碱浆臭氧漂白工艺的基础上，进行了含臭氧段的TCF漂白，探讨了蔗渣氧碱浆漂白效果。

1 实验

1.1 原料与试剂

实验所用蔗渣由云南新平南恩糖纸有限责任公司提供，蔗渣经过筛选除髓、风干后装入整理箱中，加盖密闭备用。NaOH、KI、MgSO₄、STPP、EDTA，均为分析纯，天津市致远化学试剂有限公司；浓硫酸、DTPA，分析纯，国药集团化学试剂有限公司；蒸煮助剂AOA-1，实验室自制。

1.2 实验仪器

清华大学产业处臭氧研究室研发的高中频臭氧发生器，MINI200型台式离心机，pH S-2型酸度计，YQ-Z-48A型白度仪，自制臭氧漂白装置（包括缓冲瓶、反应瓶以及尾气吸收瓶）。

1.3 蔗渣氧碱蒸煮

蔗渣氧碱浆蒸煮条件为：用碱量23%（以NaOH计），硫酸镁用量0.5%，蒸煮助剂AOA-1用量0.5%，液比1:7，初始氧压0.6 MPa，最高蒸煮温度100℃，升温时间60 min，保温时间180 min^[8]。蔗渣蒸煮后经洗筛所得蔗渣氧碱浆主要质量指标

为：细浆得率60.5%、卡伯值16.21、白度58.6%，黏度827 mL/g。

1.4 蔗渣氧碱浆漂白

制备好的蔗渣氧碱浆用于漂前处理（整合、酸处理）、臭氧漂白和后续漂白（P、P₀），通过所得纸浆的卡伯值、白度、黏度、漂白选择性综合确定各个处理流程的最佳工艺条件。

1.4.1 漂前处理

漂白前，蔗渣氧碱浆在常温、浆浓10%的条件下静置30 min，然后在不同转速和时间下进行离心脱水，达到需要浆浓后密封备用。

整合处理：向蔗渣氧碱浆中添加一定量整合剂，在设定的温度和浆浓10%条件下静置30 min，进行离心脱水后密封备用。

酸处理：向蔗渣氧碱浆中添加一定量复合酸，用稀硫酸调节pH值，在设定的温度和浆浓10%的条件下静置30 min，进行离心脱水后密封备用。

1.4.2 臭氧漂白

按臭氧发生器的设定要求计算臭氧的产生量，产生的臭氧进入缓冲瓶中，在500 mL反应瓶中与纸浆进行漂白反应。未反应完的臭氧经盛有KI溶液的锥形瓶吸收后，用标准硫代硫酸钠溶液滴定析出的碘，从而计算臭氧剩余量。漂白反应消耗的臭氧量计算如式(1)所示。

$$M_3 = M_1 - M_2 \quad (1)$$

式中， M_1 表示臭氧的产生量； M_2 表示臭氧剩余量； M_3 表示漂白反应消耗的臭氧量。

1.4.3 过氧化氢漂白

过氧化氢（P）漂白工艺条件：浆浓10%，H₂O₂用量1.0%，NaOH用量0.7%，MgSO₄用量为0.5%，温度65℃，时间90 min。

氧强化过氧化氢（P₀）漂白工艺条件：浆浓10%，H₂O₂用量1.0%，NaOH用量1.0%，MgSO₄用量为0.5%，氧压0.4 MPa，温度90℃，时间60 min。

1.5 分析检测

采用臭氧漂白脱木素反应选择性来表征臭氧漂白效果，计算如式(2)所示。

$$\text{臭氧漂白选择性} = \frac{k_0 - k_1}{k_0} \cdot \left(\frac{v_0 - v_1}{v_0} \right)^{-1} \quad (2)$$

式中， k_0 、 k_1 分别表示臭氧漂前和漂后的纸浆卡伯值； v_0 、 v_1 分别表示臭氧漂前和漂后的纸浆黏度。

以上纸浆指标（包括白度等）均按国家标准进行测定^[9]。

2 结果与讨论

2.1 臭氧漂白 (Z) 过程的优化

臭氧拥有极强的氧化能力, 其氧化电势为2.07 V, 为氯气的1.52倍, 与木素、苯酚等芳香化合物作用, 同时碳水化合物也会遭受氧化降解。因此在臭氧漂白时, 选择有效的预处理以及控制好漂白过程的变量(浆浓、臭氧用量和浓度、漂白时间、pH值等)对提高臭氧漂白的选择性至关重要。

2.1.1 正交实验

为了确定蔗渣氧碱浆臭氧漂白的最佳工艺条件, 实验首先选择浆浓、臭氧浓度和漂白时间进行3因素3水平的正交实验。表1为正交实验的设计, 表2和表3分别为实验结果和直观分析表, 表4为最佳组合和因子分析, 图1为浆浓、臭氧浓度以及处理时间的影响分析图。

表1 正交实验设计表

Table 1 Orthogonal experimental design

因素	A	B	C
	浆浓/%	臭氧浓度/kg·min ⁻¹	漂白时间/min
水平1	30	0.9	5
水平2	40	1.1	10
水平3	50	1.6	20

注 臭氧浓度以每吨绝干浆计, 以下同。

表2 臭氧漂白正交实验的条件和结果

Table 2 Conditions and results of ozone bleaching orthogonal test

序号	条件	臭氧用量/%	臭氧利用率/%	卡伯值	白度/%	黏度/mL·g ⁻¹	选择性
1	A ₁ B ₁ C ₁	0.41	90.42	14.12	64.0	776	2.09
2	A ₁ B ₂ C ₂	0.95	86.76	12.35	66.5	696	1.50
3	A ₁ B ₃ C ₃	2.61	79.81	10.97	67.2	653	1.54
4	A ₂ B ₁ C ₂	0.87	96.51	9.21	69.3	682	2.46
5	A ₂ B ₂ C ₃	2.11	96.00	6.76	75.0	553	1.76
6	A ₂ B ₃ C ₁	0.80	97.82	11.04	67.6	712	2.29
7	A ₃ B ₁ C ₃	1.75	97.16	6.29	75.3	552	1.84
8	A ₃ B ₂ C ₁	0.54	97.70	11.73	67.3	742	2.69
9	A ₃ B ₃ C ₂	1.60	97.82	7.81	72.7	621	2.08

2.1.1.1 浆浓的影响

高浓(35%~50%)臭氧漂白具有木素脱除程度高、臭氧利用率高以及实现滤液全部回收等优点^[10],

表3 臭氧漂白正交实验直观分析

Table 3 Visual analysis of ozone bleaching orthogonal test

主要指标	卡伯值			白度/%			黏度/mL·g ⁻¹			选择性		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
K ₀ *	16.21	16.21	16.21	58.6	58.6	58.6	827	827	827			
K ₁	12.48	9.87	12.29	65.9	69.5	66.3	708	670	743	1.71	2.13	2.36
K ₂	9	10.28	9.79	70.6	69.6	69.5	649	664	666	2.17	1.98	2.01
K ₃	8.61	9.94	8.01	71.8	69.2	72.5	638	662	586	2.2	1.97	1.71
R	3.87	0.41	4.28	5.9	0.4	6.2	70	8	157	0.49	0.16	0.65

注 K₀*为未漂浆的质量指标。

表4 最佳组合与因子分析

Table 4 Best combination and factor analysis

主要指标	最佳组合	因子影响程度
卡伯值	A ₃ B ₁ C ₃	C>A>B
白度	A ₃ B ₂ C ₃	C>A>B
黏度	A ₁ B ₁ C ₁	C>A>B
选择性	A ₃ B ₁ C ₁	C>A>B

因此选取浆浓的3个水平区间分别为30%、40%和50%。

由表2~表4及图1可知, 浆浓对纸浆卡伯值、白度、黏度和选择性有明显的影响, 居第2位。在选定浆浓区间范围内, 随着浆浓的增大, 纸浆卡伯值呈递减的趋势且降幅逐渐趋于平缓, 浆浓由30%提高到40%, 卡伯值降低3.48, 浆浓由40%提高到50%, 卡伯值降低0.39; 黏度遵循同样的趋势, 浆浓40%比50%的黏度值仅高11 mL/g; 白度的变化趋势与前两者相反, 浆浓为40%时, 白度已达70.6%; 由此可见, 浆浓的提高有利于提高臭氧漂白的选择性。

在浆浓为30%时, 臭氧的利用率为79.81%~90.42%, 而浆浓为40%和50%时, 其利用率均超过了96%。浆浓较低时, 纤维周围较厚的水膜影响臭氧向纤维内部的渗透, 臭氧利用率低, 脱木素程度不足, 而浆浓过高, 纤维的表面收缩, 亦妨碍臭氧向纤维内部的扩散。从实验结果分析, 蔗渣氧碱浆臭氧漂白工艺选择浆浓40%较为合适。

2.1.1.2 臭氧浓度的影响

臭氧浓度由氧压和臭氧发生器的电流决定, 在保持氧压一定时, 通过控制电流得到臭氧浓度的3个水平, 分别为0.9、1.1、1.6 kg/min。

由表2~表4及图1可知, 臭氧浓度对臭氧漂白的选择性、卡伯值、白度和黏度的影响较小, 曲线变化

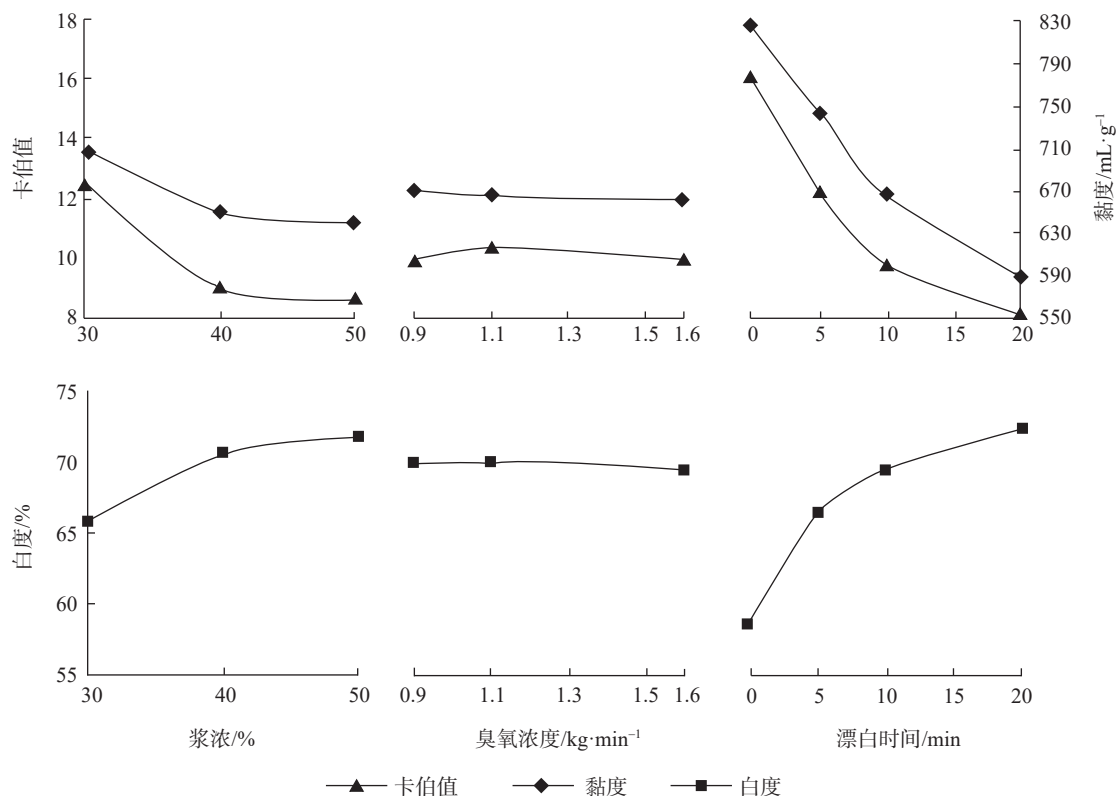


图1 浆浓、臭氧浓度以及处理时间的影响

Fig. 1 Influence of pulp concentration, ozone concentration and processing time

趋于平直。臭氧浓度小于0.9 kg/min时，臭氧利用率均超过90.42%。因此，臭氧浓度以0.9 kg/min最好。

2.1.1.3 漂白时间的影响

由表2~表4及图1可知，漂白时间对漂白纸浆的影响最大。随着漂白时间的增加，纸浆卡伯值呈下降的趋势；白度变化呈上升趋势；黏度也呈下降的趋势。为了保证一定程度的脱木素和较小的纸浆黏度损失，臭氧漂白时间以10 min为宜。

臭氧漂白较优因子水平为 $A_2B_1C_2$ ，即浆浓40%、臭氧浓度0.9 kg/min、漂白时间10 min。所得浆料卡伯值为9.21、白度为69.3%，黏度为682 mL/g。

2.1.2 pH值的影响

除了正交实验所涉及到的几项重要控制要素外，臭氧漂白一般在pH值为2~3的范围内可取得良好的漂白效果^[1]。实验选对对照样（未调pH值=7.5），其余浆样在纸浆中添加少量自配复合酸（用量0.5%），再用稀 H_2SO_4 调节臭氧漂白pH值=3.0、2.5以及2.0，其漂白结果见表5。

由表5可知，pH值对臭氧漂白的效果影响很明显，随着pH值的降低，纸浆的卡伯值先是略微变化，而后陡然下降，在pH值=2.5处卡伯值最低（5.86），

表5 pH值对臭氧漂白效果的影响
Table 5 Influence of pH value on the effect of ozone bleaching

pH值	臭氧用量/%	臭氧利用率/%	得率/%	卡伯值	白度/%	黏度/mL·g ⁻¹	选择性
7.5	0.85	94.61	95.72	7.36	71.7	673	2.87
3.0	0.80	88.56	95.91	7.39	71.2	704	3.57
2.5	0.72	80.12	96.96	5.86	74.2	701	4.11
2.0	0.77	85.46	96.46	6.13	73.9	706	4.17

再降低pH值则轻微反弹；黏度在低pH值范围（2.0~3.0）内变化不大（均在700 mL/g左右），比对照样高出30 mL/g左右；选择性随pH值降低呈先上升后趋于平缓的趋势；白度在pH值=2.5达到了最大值（74.2%）。综合表5的结果，pH值为2.5时臭氧漂白效果较佳，对应的纸浆得率和白度最高。虽然更低的pH值（2.0）在选择性方面略高一些，但二者的数据也只是在伯仲之间，酸性增大意味着用酸、洗净、防护等的运行投入增加。

2.1.3 预处理的影响

2.1.3.1 整合预处理

臭氧漂白的选择性差可部分归结于：过渡金属离

子(Fe、Cu、Co、Mn等)催化分解臭氧产生自由基^[12-14],进而引起碳水化合物的降解,导致漂白的选择性降低^[15]。通过预处理段去除纸浆中的金属离子可减少这类反应。实验选取3种常用的螯合剂STPP、EDTA和DTPA对纸浆进行螯合处理,臭氧漂白浆结果见表6。

表6 螯合预处理对臭氧漂白效果的影响

Table 6 Influence of pretreatment on ozone bleaching effect

螯合剂	臭氧用量/%	臭氧利用率/%	得率/%	卡伯值	白度/%	黏度/ $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$	选择性
对照样	0.85	94.61	95.72	7.36	71.7	673	2.87
STPP	0.84	93.44	95.97	6.23	73.4	665	3.09
EDTA	0.82	91.37	96.12	6.91	72.5	651	2.64
DTPA	0.82	91.18	96.35	6.10	75.2	647	2.82

注 预处理条件:3种螯合剂的用量均为0.5%(相对绝干浆),螯合时间30 min,温度为室温,浆浓10%;臭氧漂白条件:浆浓40%、臭氧浓度0.9 kg/min、漂白时间10 min。

由表6可知,螯合预处理对木素的脱除有一定效果,STPP和DTPA预处理后,与对照样相比,纸浆卡伯值降低1以上,相对而言EDTA处理效果则不明显;DTPA预处理的浆样白度比对照样高出3.5个百分点;螯合预处理浆样的黏度则均有不同程度的降低;选择性方面,只有STPP预处理稍好于对照样,总体影响不明显。

2.1.3.2 复合酸预处理

在2.1.2中,当pH值=2.5时可提高臭氧漂白的选择性。部分有机酸对臭氧漂白纸浆的碳水化合物也有不同程度的作用^[10-13],本课题用乙酸、草酸和甲酸调配合酸对纸浆进行臭氧漂白,结果见表7。

由表7可知,在相同复合酸用量的情况下,用稀 H_2SO_4 调节pH值至2.5可以改善臭氧漂白的效果。复合酸用量较低(0.5%)时,纸浆各项指标明显改善,卡伯值下降至5.20,白度上升到75.3%,黏度和选择性分别为764 mL/g和8.70,基本达到了复合酸用量为1.5%漂白的效果。从复合酸用量影响臭氧漂白的结果来看,复合酸用量0.5%,其所获得的漂白选择性比仅用稀 H_2SO_4 调整pH值时的漂白效果好(见表5),说明混合酸抑制碳水化合物氧化降解的作用更为显著。

用稀 H_2SO_4 将复合酸处理纸浆的pH值调整至2.5,可使纸浆的漂白选择性提高1倍,说明在该pH值下的臭氧漂白对木素的氧化和保护碳水化合物免受降解的效果均达到比较理想的状态。复合酸用量为1.5%时漂白选择性最高,纸浆白度74.5%、黏度780 mL/g。继续增加复合酸用量超过1.5%,其漂白效果反而会有所下降。

综上所述,在浆浓40%、臭氧浓度0.9 kg/min、常温漂白10 min、复合酸用量1.5%、pH值为2.5的条件下可获得理想的臭氧漂白浆,该浆在氧碱浆基础上,白度从58.6%提高到74.5%,增加15.9个百分点;黏度从827 mL/g下降到780 mL/g,降低5.7%。

2.2 TCF漂白过程的优化

由上述臭氧漂白可知,蔗渣氧碱浆黏度降低幅度 $\leq 100 \text{ mL/g}$,说明从蒸煮到漂白贯穿清洁的氧系制浆体系的思路是可行的^[14]。臭氧漂白最优条件下纸浆为白度74.5%,未达到白度为80%的漂白浆要求,本实验进行了如表8所示的臭氧为主要依托的TCF漂白实验。

表7 复合酸对臭氧漂白效果的影响

Table 7 Effect of adding compound acid on ozone bleaching effect

复合酸用量/%	漂前pH值	漂后pH值	臭氧用量/%	臭氧利用率/%	得率/%	卡伯值	白度/%	黏度/ $\text{mL}\cdot\text{g}^{-1}$	选择性
0.5	3.87	3.21	0.77	85.93	97.53	6.84	73.6	718	4.29
0.5 ^a	2.50	2.26	0.71	79.37	96.96	5.20	75.3	764	8.70
1.0	2.83	2.59	0.75	83.14	96.75	5.31	76.1	763	8.48
1.0 ^a	2.50	2.15	0.71	79.18	97.08	5.09	76.0	773	10.23
1.5	2.51	2.21	0.70	77.78	96.93	5.48	75.5	773	9.86
1.5 ^b	2.51	2.25	0.66	73.46	96.73	5.89	74.5	780	10.85
3.0	2.03	1.95	0.72	79.84	97.11	5.75	74.9	768	8.80
5.0	1.81	1.78	0.65	72.71	96.86	6.44	73.8	766	8.17

注 a表示臭氧漂白前纸浆的pH值用 H_2SO_4 调节至2.5;b表示臭氧漂白前用DTPA在室温下螯合30 min,浆浓为10%;臭氧漂白的条件:浆浓40%、臭氧浓度0.9 kg/min、漂白时间10 min。

表8 蔗渣氧碱浆TCF漂白条件及结果

Table 8 TCF bleaching conditions and results of bagasse oxygen alkaline pulp

漂序	编号	复合酸用量/%	漂白时间/min	臭氧漂前pH值	总得率/%	卡伯值	白度/%	黏度/mL·g ⁻¹	返黄值
未漂白	0 [#]					15.88	59.5	828	
Z	1 [#]		10	7.50	95.72	7.36	71.7	673	0.66
Z	2 [#]	0.5	10	2.51	96.96	5.86	74.2	701	0.70
Z	3 [#]	1.5	10	2.51	96.93	5.48	75.5	773	0.72
Z	4 [#]	1.5	20	2.51	95.92	3.17	80.8	702	0.60
ZP	5 [#]	1.5	10	2.51	95.48	4.11	83.4	770	0.20
Z ₁ P ₀	6 [#]	1.5	10	2.51	94.54	3.10	85.9	771	0.22
Z ₂ P ₀	7 [#]	1.5	20	2.51	93.63	1.49	88.7	694	0.07

注 Z段:浆浓40%,臭氧浓度0.9 kg/min。ZP:Z段和3[#]相同。Z₁P₀:Z段和3[#]相同。Z₂P₀:Z段和4[#]相同。

表8中1[#]~4[#]均为单段臭氧漂白,4[#]是表7臭氧漂白时间10 min延时到20 min,则纸浆卡伯值降低至3.17,白度上升至近81%,而黏度则下降明显,因此,臭氧漂白时间选择10 min。纸浆白度不足的部分用过氧化氢继续漂白,即为ZP组合的两段漂白。

从表8可知,增加过氧化氢补充漂白,纸浆卡伯值降到4.11,白度达83.4%,黏度770 mL/g。6[#]样为氧强化过氧化氢补充漂白,与5[#]样相比,纸浆的黏度几乎不受影响,而卡伯值降到3.10,白度为85.9%,达到高白度漂白浆的水平。7[#]样为基于4[#]样的氧强化过氧化氢漂白,其白度达到88.7%,与传统制浆系统需要4~5段漂白纸浆白度水平相当。该漂白浆的黏度694 mL/g,与4[#]样相比变化不大。这可能是由于臭氧漂白时添加复合酸的延伸性作用以及甘蔗渣氧碱浆经过强烈氧化剂臭氧作用之后,纤维素具有一定的“抗氧化性”。

此外,蔗渣氧碱浆经过单段臭氧漂白后,纸浆的返黄值均较高(0.40~0.72),并随着臭氧漂白时间的增加逐渐减小;臭氧漂白后采用含H₂O₂的漂白方式可以减小返黄值(0.07~0.22)。这可能是由于蔗渣氧碱浆在和臭氧反应时产生容易引起返黄的羰基,而H₂O₂能促进羰基的进一步分解,提高白度的稳定性,从而使臭氧与H₂O₂的组合显得更具优势。

综合上述结果,ZP或ZP₀是蔗渣氧碱浆漂白较理想的组合,Z段最优漂白工艺:漂白时间10 min,浆浓40%,臭氧浓度0.9 kg/min,复合酸用量1.5%,pH值2.5,在此基础上过氧化氢(P)漂白或是氧强化过氧化氢(P₀)漂白,纸浆黏度基本保持不变的情况下,能达到较理想的漂白效果,P₀组合漂白浆白度达80%以上。

3 结论

本研究对蔗渣氧碱浆用臭氧和过氧化氢的两段组合漂白,主要分析了蔗渣氧碱浆的漂白性能。

3.1 Z段最优漂白工艺:漂白时间10 min,浆浓40%,臭氧浓度0.9 kg/min,复合酸用量1.5%,pH值2.5,漂后浆料白度74.5%,卡伯值5.89,黏度780 mL/g。

3.2 在Z段最优工艺条件下,经过过氧化氢(P)或氧强化过氧化氢(P₀)漂白,纸浆黏度基本保持不变的情况下,纸浆白度达80%以上。

参考文献

- [1] 晏群山,武书彬,刘立国,等,弱碱性亚硫酸盐法预处理蔗渣的研究[J].中国造纸学报,2012,27(2):1-6.
YAN Q S, WU S B, LIU L G, et al. Study on the Pretreatment of Bagasse by Weakly Alkaline Sulfite Method [J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2012, 27(2): 1-6.
- [2] 李娜,沈伊濛,刘秋娟.蔗渣水解提取低聚木糖的初步研究[J].中国造纸学报,2014,29(1):1-5.
LI N, SHEN Y M, LIU Q J. Preliminary Study on Extraction of Xylooligosaccharides by Hydrolysis of Bagasse [J]. Transactions of China Pulp and Paper, 2014, 29(1): 1-5.
- [3] 刘星生,张鸿雁.甘蔗渣制浆技术研究进展[J].江西化工,2005(1):38-41.
LIU X S, ZHANG H Y. Research progress of bagasse pulping technology [J]. Jiangxi Chemical Industry, 2005(1): 38-41.
- [4] 岳凤霞.生物预处理蔗渣低温氧碱制浆的研究[D].昆明:昆明理工大学,2008.
YUE F X. Study on Low-temperature Oxygen Alkali Pulping of Biological Pretreatment Bagasse [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2008.
- [5] 陈嘉翔,詹怀宇,余家鸾.现代制浆漂白技术与原理[M].1版.广州:华南理工大学出版社,2000:65.
CHEN J X, ZHAN H Y, YU J L. Modern pulping and bleaching technology and principle [M]. 1 Edition. Guangzhou: South China University of Technology Press, 2000: 65.

- [6] 王景平, 苏小明, 井新利, 等. 臭氧的应用及产生技术[J]. 广州化学, 2004, 29(3):55-60.
WANG J P, SU X M, JING X L, et al. The application and generation technology of ozone [J]. Guangzhou Chemistry, 2004, 29 (3) : 55-60.
- [7] Alpo Tuomi , 冯玉彤 . ZeTrac™ 高浓臭氧漂白[J]. 中国造纸, 2003, 22, (10):72-75.
Alpo Tuomi , FENG Y T. ZeTrac™ High Concentration Ozone Bleaching[J]. China Pulp & Paper, 2003, 22(10):72-75.
- [8] FengxiaYue, Keli Chen. Soda-oxygen pulping of bagasse at low temperature [C]//Proceeding 2nd, International Papermaking & Environment Conference, Tianjin, 2008: 369-372.
- [9] 石淑兰, 何福望. 制浆造纸分析与检测[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2003:25.
SHI S L, HE F W. Analysis and testing of pulp and paper[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2003: 25.
- [10] 窦正远. 臭氧的研究和应用[J]. 中国造纸, 1996, 15(3):52-56.
DOU Z Y. Research and application of ozone[J]. China Pulp & Paper, 1996, 15 (3) : 52-56.
- [11] Kassebi A, Gratzl J S, Chen C L. Non-conventional Kraft Pulp Bleaching the Role of Ozone [C]. Proceedings TAPPI Pulping Conference, Toronto, Ontario, 1982:327.
- [12] Kaneko H, Hosoya S, Iiyama K, et al. Degradation of Lignin with Ozone-reactivity of Lignin Model Compounds toward Ozone [J]. J. Wood Chem. Technol. , 1983, 3 (4) :399-411.
- [13] Kaneko H, Hosoya S, Nakano J. Degradation of Lignin with Ozone, Reactions of Biphenyl and α -carbonyl Type Model Compounds with Ozone[J]. Mok. Gakk. , 1981, 27: 678-683.
- [14] Eriksson T, Gierer J. Studies on the Ozonation of Structural Elements in Residual Kraft Lignins [J]. J. Wood Chem. Technol. , 1985, 5 (5) :53-84.
- [15] 窦正远. 漂白中过氧化氢的分解与控制[J]. 纸和造纸, 1997 (1):36-37.
DOU Z Y. Research and application of ozone [J]. Paper and Paper Making, 1997(1): 36-37. CPP

(责任编辑:董凤霞)

· 消息 ·

2021 国际造纸技术报告会日程

2021 年 11 月 10 日 上海世博展览馆 1B 会议室

时间	报告题目	演讲嘉宾
9:00—9:10	开幕式	
9:10—9:35	碳中和目标导向下的能源和经济的低碳转型	顾阿伦, 博士, 副研究员, 清华大学能源环境经济研究所
9:35—10:00	日本制浆造纸实现可持续发展目标的作为	Akihiro Aikawa, 总经理, 日本造纸协会国际事务部
10:00—10:25	芬欧汇川的碳减排策略	马源源, 总监, 芬欧汇川特种纸纸业利益相关方关系
10:25—10:40	茶歇	
10:40—11:05	木质纤维纳米材料的经济、可持续性生产	朱俊勇, 博士, 教授, 美国农业部林产品实验室
11:05—11:30	纤维素的绿色溶解与功能材料构筑	许 凤, 博士, 教授, 北京林业大学
11:30—11:55	基于离子液体溶剂体系的纤维素溶解与加工研究进展	张 军, 研究员, 中国科学院化学研究所
11:55—12:25	交流时间	
12:25—14:00	午餐	
14:00—14:25	TEMPO 氧化浆:生产高性能纸张的新种类	Akira Isogai, 教授, 东京大学
14:25—14:50	纸基和生物质基绿色包装材料:进展与展望	王小慧, 博士, 教授, 华南理工大学
14:50—15:15	高分子科学视角下“以纸代塑”的挑战与策略	聂景怡, 博士, 副教授, 陕西科技大学
15:15—15:30	茶歇	
15:30—15:55	以纸替代塑料膜需要攻克的关键技术	戴红旗, 博士, 教授, 南京林业大学
15:55—16:20	纸基包装材料不同阻隔性能的研究进展	张红杰, 博士, 正高级工程师, 中国制浆造纸研究院有限公司
16:20—16:45	以纸代塑研究方向及进展	吉兴香, 教授, 齐鲁工业大学 (山东省科学院)
16:45—17:15	交流时间	
17:15—17:30	闭幕式	