

# 添加表面活性剂 KP 法蒸煮液的渗透性能研究

刘建容, 刘之玲

(四川理工学院造纸科学与技术研究所, 四川 自贡 64300)

**摘要:** 采用不同种类的表面活性剂, 加入到 KP 法蒸煮液中, 测定蒸煮液的表面张力、粘度和在载玻片上的接触角, 并计算出粘附功降低因子和粘附功, 得出表面活性剂对蒸煮液润湿性能的改善效果, 再用称重法测定蒸煮液对木片、竹片的渗透能力。结果表明, 添加了表面活性剂的蒸煮液, 表面张力和在同一表面上的接触角降低, 润湿效果改善, 粘附功、粘附功降低因子和润湿性因子都减小, 对木片、竹片的渗透增重百分比均比未加表面活性剂的蒸煮液高。

**关键词:** 蒸煮; 表面活性剂; 渗透性能

**中图分类号:** TS727.1

**文献标识码:** A

在造纸工业制浆蒸煮过程中, 蒸煮液一接触到原料, 就开始向其内部渗透, 并进行一系列的化学反应。因此, 蒸煮液对原料的渗透能力对化学反应的顺利完成起着重要作用<sup>[1]</sup>。而蒸煮液大量渗透到原料的速率取决于蒸煮药液的物理化学性质, 原料性能等因素。因而对蒸煮液的物理化学性质进行改善对提高蒸煮液的渗透能力, 缩短蒸煮时间, 减少木素缩合有着非常积极的作用。表面活性剂是一类既具有较大的非极性基团, 又具有较强极性基团的两亲分子物质, 它能够显著地改变溶液的性质<sup>[2-4]</sup>。本文对一系列添加了表面活性剂的硫酸盐法蒸煮液的物理化学性质进行了研究, 探索了其

## 1 实验

### 1.1 主要试剂

三乙醇胺 (AR, 成都科龙化学试剂厂), 十二烷基磺酸钠 (成都科龙化学试剂厂), OP-10 (成都科龙化学试剂厂), 乳化剂 OP (中国医药集团上海化学试剂公司), 十二烷基苯磺酸钠 (中国医药集团上海化学试剂公司)。

### 1.2 表面活性剂的选择

硫酸盐法蒸煮液是强碱性的, 为了加速蒸煮液对料片的渗透, 提高蒸煮效果, 去除料片中的木素和其他杂

质, 加入的表面活性剂必须是耐碱、耐高温的, 且渗透性、乳化性和扩散性均较好。我们选用了离子性表面活性剂和非离子表面活性剂进行复配, 借以协同效应发挥其综合性的效果。十二烷基磺酸钠和十二烷基苯磺酸钠在碱性条件都能稳定存在, 具有良好的耐碱性。OP-10 易溶于水, 浊点在 70℃ 左右, 具有润湿、扩散和乳化等多种性能, 耐碱、耐硬水, 可和多种表面活性剂混用。乳化剂 OP 是 OP-10 的同系列物, 也易溶于水, 耐酸、碱、盐和硬水, 具有良好的乳化、润湿、扩散和净洗性能, 可与各类表面活性剂混用。三乙醇胺能与水混溶, 其水溶液呈碱性, 可用于蒸煮中。

### 1.3 蒸煮液性能的测定

#### 1.3.1 粘度的测定<sup>[9]</sup>

粘度是流体的物理性质之一, 反映出流体流动行为的特征, 是流体流动时, 流体内部摩擦力大小的表现。本研究采用毛细管粘度计来测量蒸煮液的粘度。

#### 1.3.2 表面张力及接触角测量<sup>[10]</sup>

润湿效率的高低常以其在某一选作标准的低能表面上发生铺展所需的最低浓度来衡量, 铺展与表面张力和接触角都有关系。因此, 本研究测量表面张力的同时也用 Washburn 法测接触角。实验分别采用 JK99B 型全自动张力仪和 JC2000C1 接触角/界面张力测量仪进行

测量(上海中晨数字技术设备有限公司)。

### 1.3.3 渗透性能测定<sup>[10]</sup>

本研究采用称重法来测定液体对于原料的渗透性。即对比未处理的木片、竹片和浸渍处理过的木片、竹片的质量差,并以不同时间段的增重百分比来反映渗透速率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 表面活性剂对蒸煮液物理性质的影响

用碱量和硫化度一定的蒸煮液,添加了表面活性剂之后,粘度、表面张力和蒸煮液在载玻片上的接触角都发生了变化。粘度受温度影响较大。在室温下,添加表面活性剂的蒸煮液,粘度均较不添加表面活性剂的高,尤其以添加了 OP-10 和三乙醇胺的蒸煮液粘度最高,为  $1.122 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 。表面张力是液体体系的性质,其值大小与体系成分有关,也会随着温度变化而变化。添加表面活性剂的蒸煮液的表面张力均下降,表明蒸煮液体系的表面过剩自由能减小。在载玻片上的接触角也均不同程度下降,表明表面活性剂复配物改善了蒸煮液的润湿性能,因为接触角越小,润湿性就越强。添加 OP-10 复配物的蒸煮液表面张力下降更为明显,同时它也能较好的润湿固体,蒸煮液接触角变化也对此有所反映。见表 1。

表 1 表面活性剂种类及其蒸煮液物理性能

编号	表面活性剂	表面张力 (mN/m)	粘度 ( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )	接触角 ( $^\circ$ )
1	三乙醇胺 + OP-10	30.448	1.122	8.9
2	三乙醇胺 + OP	31.296	0.956	10.4
3	LAS+ OP-10	28.707	0.984	8.2
4	SAS+ OP-10	28.458	1.021	7.8
5	SAS+ OP	31.176	0.958	7.5
6	SAS	42.314	0.963	17.5
7	空白	47.966	0.907	26.3

### 2.2 表面活性剂对蒸煮液润湿性能的影响

根据 Poiseuille 定律,  $\frac{V}{t} = \frac{n\Delta P r^4}{8l\eta}$ , 渗透速率与压降

(包含表面张力和外部施加的压力)、流体的粘度、毛细管的数量、半径和长度都有关系,对一定原料,一定设备,渗透速率与液体的粘度和表面张力有关。表面活性剂加入能改变蒸煮液的粘度和表面张力,因此添加表面活性剂能够改变蒸煮液的渗透速率。同时,蒸煮液依赖于毛细管力进入料片内,这是一种毛细润湿现象,有效的渗透依赖于有利的润湿条件。对于蒸煮液向原料渗透的过程,粘附功与接触角的关系,可以用  $W = \sigma(1 - \cos\theta)$  表示,  $W$  是水—气—原料体系中气体在原料表面的粘附功,  $\sigma$  为表面张力,  $\theta$  是水—气—原料体系中水在原

料表面的接触角(实验以水相在载玻片表面的接触角来表示)。对于蒸煮液向原料的渗透而言,是液相排开原料中的空气,因此粘附功越小,对渗透就越有利。表面张力越小,粘附功越小,对渗透越有利。接触角越小,即原料更亲水,粘附功越小,渗透性越好。可以用粘附功降低因子来表达表面活性剂对渗透体系的改善效果。粘附功降低因子  $E$ , 是界面张力因子与润湿性因子的乘积,  $E = E_o \cdot E_\theta = \frac{\sigma_1}{\sigma_0} \cdot \frac{1 - \cos\theta_1}{1 - \cos\theta_0}$  (界面张力因子  $E_o$ ,  $E_o = \frac{\sigma_1}{\sigma_0}$ , 润湿性因子  $E_\theta$ ,  $E_\theta = \frac{1 - \cos\theta_1}{1 - \cos\theta_0}$ ), 由此计算出的粘附功及粘附功降低因子、润湿性因子。表面活性剂加入蒸煮液之后,粘附功、表面张力因子、润湿性因子及粘附功降低因子都减小,因为粘附功、润湿相关因子都受蒸煮液表面张力和接触角影响,表面张力越低,接触角越小,粘附功越小,润湿性因子也越小,粘附功降低因子也越小。添加十二烷基磺酸钠和乳化剂 OP 的蒸煮液润湿性因子最小,为 0.085 可以看出,它对蒸煮液润湿效果的改善最明显。如图 1 所示。

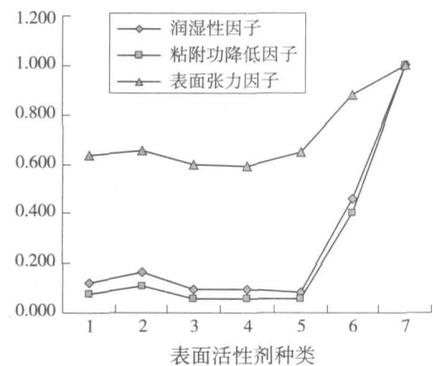


图 1 表面活性剂对蒸煮液润湿性能的影响

### 2.3 添加表面活性剂蒸煮液对木片、竹片的渗透能力的影响

蒸煮液渗透到原料片中的速率取决于蒸煮液液物理性质,原料的毛细管结构、化学组成、空气及水分含量等因素。蒸煮液增重百分率表明,不同原料是影响渗透的一个重要因素。不管是木片和竹片,添加了表面活性剂的蒸煮液对原料渗透的增重百分比均比未加表面活性剂蒸煮液的要高。对木片而言,增重最明显是添加了 OP 乳化剂和三乙醇胺的蒸煮液,增重百分比在 0.5h、0.75h 和 1h 时间段内分别为 157.6%、167.1% 和 177.5%。如图 2 所示。对竹片而言,添加 OP 乳化剂和三乙醇胺、OP-10 和十二烷基磺酸钠以及十二烷基磺酸钠的蒸煮液对竹片的渗透增重百分比均较显著。如图 3 所示。这与竹片自身水分、化学组成及毛细管结构有关。

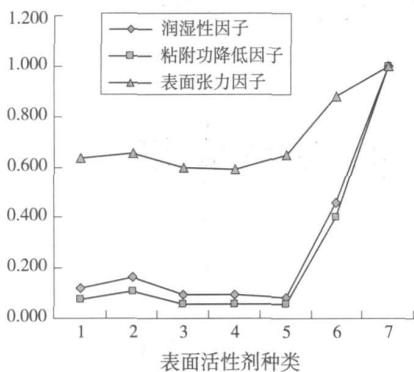


图2 表面活性剂对蒸煮液向木片的渗透的影响

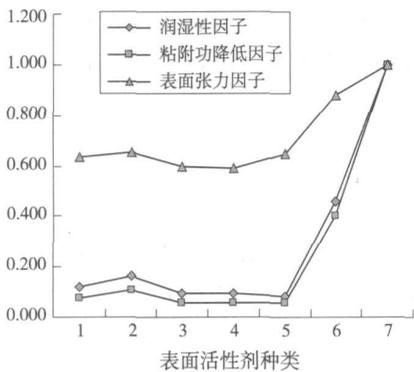


图3 表面活性剂对蒸煮液向竹片的渗透的影响

### 3 结束语

(1) 添加了表面活性剂的蒸煮液, 表面张力和在同一表面上的接触角降低, 润湿效果得以改善, 粘附功、粘附功降低因子和润湿性因子都减小; 对木片、竹片的渗透增重百分比均比未加表面活性剂的蒸煮液高。

(2) 蒸煮液在原料中的渗透过程受蒸煮液表面张力、粘度影响显著, 原料本身的结构和成分也影响渗透

能力。

(3) 选用的表面活性剂在强碱性环境中均显示较好的耐碱性, 添加三乙醇胺和 OP 乳化剂的蒸煮液显示了最优的渗透增重百分比, 增重百分比在 0.5h、0.75h 和 1h 三个时间段内分别为 157.6%、167.1% 和 177.5%。

### 参考文献:

- [1] 谢来芬, 詹怀宇. 制浆原理与工程 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [2] 王世荣, 李祥高, 刘志东, 等. 表面活性剂化学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 张光华. 表面活性剂在造纸中的应用技术 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2001.
- [4] 德鲁·迈尔斯, 著. 吴大诚, 朱谱新, 译. 表面、界面和胶体——原理及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [5] 林友锋, 房桂干. 制浆过程中木片浸渍机理及改善措施 [J]. 中国造纸, 2007, 26(2): 50-54.
- [6] 沈青. 蒸煮液的物理化学特征及在制浆过程中的行为 I. 离子浓度对蒸煮液的表面张力的影响 [J]. 纤维素科学与技术, 2003, 11(2): 31-34.
- [7] 沈青. 蒸煮液的物理化学特征及在制浆过程中的行为 II 木素对蒸煮液的表面张力的影响 [J]. 纤维素科学与技术, 2003, 11(2): 35-40.
- [8] 沈青. 蒸煮液的物理化学特征及在制浆过程中的行为 III 木素对蒸煮液的粘度、密度及 Hamaker 常数的影响 [J]. 纤维素科学与技术, 2003, 11(3): 12-16.
- [9] 陈惠利. 粘度测量 [M]. 北京: 中国计量出版社, 2003.
- [10] 刘卫东, 姚同玉, 刘先贵, 等. 表面活性剂体系渗透 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.

## Penetrating Behavior of KP Cooking Liquor Comprising Surfactant

LIU Jian-rong, LIU Zhiling

(Institute of Paper Science and Technology, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

**Abstract** Surface tension, viscosity, contact angle on microscopic slide of cooking liquor were measured, the adhesion work and its decreasing factor were calculated. Then the improvements of the wetting ability about cooking liquor under the action of surfactant were derived. The ability of cooking liquor penetrating wood chips and bamboo chips were measured by weighting. It indicates that based on experiments, the cooking liquor added surfactant leads to many parameters decreasing, such as surface tension, viscosity, contact angle on microscopic slide, adhesion work and its decreasing factor. However, the ability of cooking liquor penetrating wood chips and bamboo chips under surfactant can be increased.

**Key words** cooking surfactant; penetrating behavior