

областях 27 000...29 000 см⁻¹ и 19 000...22 000 см⁻¹, в прирост белизны ТММ и ХТММ. Предложен относительный метод количественного определения содержания лигнина в лигноцеллюлозных материалах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Исследование влияния перекиси водорода на изменение хромофорного состава ТММ / Т. И. Жмурко, А. Н. Заказов, Ф. М. Гизетдинов, В. А. Бабкин // Тез. докл. Междунар. конф. «Проблемы окислительно-восстановительных превращений компонентов древесины». — Архангельск, 1992. — С. 123—124. [2]. Исследование хромофорного состава древесных масс из различных пород древесины / Т. И. Жмурко, А. Н. Заказов, В. В. Тыкманов, Ф. М. Гизетдинов // Тез. докл. VI Междунар. школы-семинара «Исследование в области химии древесины». — Рига, 1991. — С. 16. [3]. Лигнины / Под ред. К. В. Сарканена, К. Х. Людвига; Пер. с англ. А. В. Оболенской. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 632 с. [4]. Спектрофотометрическое исследование реверсии белизны термомеханической массы под воздействием УФ-облучения / О. А. Кучинская, С. С. Пузырев, Ю. И. Дьяченко, Т. А. Туманова // Лесн. журн. — 1990. — № 4. — С. 92—96. — (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Чудак в М. И. Хромофоры компонентов древесины // Химия древесины. — 1978. — № 2. — С. 3—16. [6]. Нолл Н.-С., Glasser W. On possible chromophoric structures in wood and pulps. A survey of the present state of knowledge // Polym. Plast. technol. Eng. — 1979. — Vol. 12(2). — P. 159—179. [7]. Norrstrom H. Light absorbing properties of pulp and pulp components // Svensk. papperstidn. — 1969. — Vol. 72 a, N 2. — P. 32—38. [8]. Polchin I., Rapson W H. Spectrophotometric study of wood chromophores in situ. I. The method of differential (k/S) curves related to bleaching // TAPPI. — 1969. — Vol. 52, N 10. — P. 1960—1965.

Поступила 22 февраля 1993 г.

УДК 676.1.017.4

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУМАЖНОЙ МАССЫ С УЧЕТОМ ТИКСОТРОПНО-РЕОПЕКТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

О. А. ГЕРЕНТЬЕВ, Э. А. СМИРНОВА, В. С. КУРОВ,
В. А. СМИРНОВ

С.-Петербургский технологический институт ЦБП

Высокое качество бумажного полотна в значительной степени зависит от гидродинамических процессов в массоподводящих системах бумагоделательных машин, в частности, от стабильности условий напуска бумажной массы на сеточный стол и равномерного распределения волокон в формируемом листе.

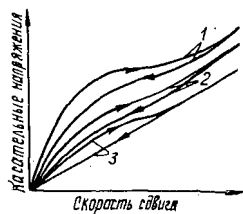
Равномерное распределение волокон обеспечивается напуском бумажной массы в диспергированном режиме. В высокоскоростном потоке для обеспечения хорошего диспергирования необходимо генерировать силы, способные преодолевать нормальное напряжение. Источником таких сил является прежде всего турбулентность, создаваемая, например, в ступенчатых диффузорах напорного ящика. Прохождение потока через диффузоры сопровождается резким изменением скорости на различных участках диффузорного канала и ориентацией волокон вдоль оси. Фактически турбулентность является пульсационным движением, причем пульсации скорости сопровождаются пульсациями давления. Поэтому полный спектр пульсаций давления бумажной массы в щели напорного ящика характеризует два процесса, сопровождающих напуск. Низкочастотные пульсации (до 40 Гц) приводят к нестабильному напуску и колебаниям массы 1 м² бумаги в машинном направлении, высокочастотные (турбулентные) обеспечивают диспергирование бумажной массы. Для устранения ориентированности волокон и демпфирования пульсаций давления в напорном ящике служит уравнивательная камера,

в которой происходит резкое снижение скорости после ступенчатых диффузоров, приводящее к дезориентации волокон. Таким образом, прохождение бумажной массы через напорный ящик постоянно сопровождается возрастанием или снижением скорости на разных участках. Все эти процессы в конечном счете и определяют качество вырабатываемой бумаги.

Поэтому целесообразно иметь возможность определять реологические параметры бумажной массы в условиях увеличения и уменьшения скорости сдвига, а также выявлять влияние остаточной ориентации волокон, т. е. всесторонне исследовать тиксотропно-реопектические свойства волокнистых масс. С этой целью были выполнены по новой методике исследования тиксотропно-реопектических свойств волокнистых суспензий белой и небеленой сульфатной целлюлозы и макулатуры. Использовали крупногабаритный ротационный вискозиметр с шероховатыми цилиндрическими измерительными поверхностями [1], обеспечивающий практически однородное поле скоростей и напряжений сдвига в зазоре.

Примененная комплексная методика, в отличие от существующих [2], заключается в выполнении трехкратных измерений реологических характеристик в условиях повышения и понижения скоростей сдвига. Скорости сдвига в зазоре вискозиметра повышали до максимальных, затем снижали (рис. 1, кривая 1), после остановки на 1 мин снова снимали реологическую характеристику в таком же режиме (рис. 1, кривая 2) и т. д.

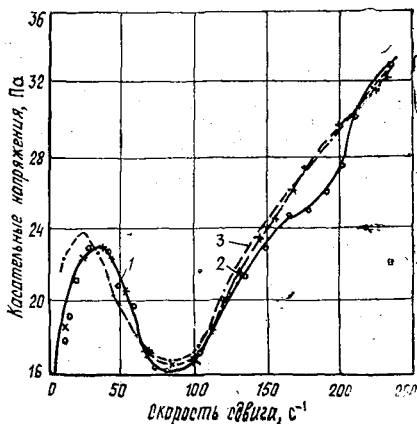
Рис. 1. Схема проведения экспериментов



В результате экспериментальных исследований установлено, что на тиксотропно-реопектические свойства бумажной массы в значительной степени влияют концентрация и вид волокнистого полуфабриката.

Особый интерес представляют реологические характеристики волокнистой суспензии белой сульфатной целлюлозы степенью помола 38 °ШР и концентрацией 15,4 г/л (рис. 2).

Рис. 2. Реологические характеристики суспензии белой сульфатной целлюлозы: 1 — режим возрастания скорости (о — опытные точки); 2 — режим снижения скорости (х — опытные точки); 3 — расчетная кривая



Характерной особенностью этой суспензии является вторичное структурообразование, проявляющееся на реологической кривой после достижения критического градиента сдвига $\dot{\gamma} = 210 \text{ с}^{-1}$ в виде нелинейного возрастания касательных напряжений τ , т. е. отклонения реологической характеристики от прямой линии (рис. 2, кривая 1).

Вероятно, в данном диапазоне скоростей сдвига происходит взаимодействие различных структурных составляющих суспензии (волокна, флокулы), что приводит к возникновению более крупных агрегатов и выражается в появлении вторичного максимума на реологической характеристике. Образование вторичной структуры наблюдается в течение 42...50 с. Это соответствует времени релаксации, полученному из релаксационных характеристик [2], которые отражают глубокую перестройку структуры.

Реологическая характеристика в режиме снижения скорости сдвига (рис. 2, кривая 2) располагается выше первоначальной кривой 1, при этом наблюдается плавное снижение касательных напряжений.

Именно такая картина, очевидно, наблюдается в каналах с переменным сечением напорных ящиков бумагоделательных машин (например в диспергаторах). Бумажная масса, попадая в канал большего поперечного сечения, резко замедляет течение, что способствует выравниванию внутренней структуры суспензии. Так как это явление характерно для высоких скоростей сдвига, можно сделать заключение, что в волокнистой суспензии концентрацией 15,4 г/л при снижении скорости протекают быстрые релаксационные процессы, способствующие образованию новой более однородной структуры.

Оценка величины времени релаксации выполнена с помощью релаксационных спектров, реологической модели с вторичным структурообразованием и соответствующего ей реологического уравнения.

Согласно этой модели, при условии, что в точке минимума первичная структура с параметрами $A_1, A_2, A_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ заменяется вторичной с параметрами $A'_1, A'_2, A'_3, \alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$, для реологической характеристики беленой сульфатной целлюлозы концентрацией 15,4 г/л получено

$$\begin{aligned} \tau = & \left| A_1 e^{-\alpha_1 \dot{\gamma}} + A_2 e^{-\alpha_2 \dot{\gamma}} + A_3 e^{-\alpha_3 \dot{\gamma}} + \mu \dot{\gamma} \right|_{\dot{\gamma}=0}^{\dot{\gamma}=\dot{\gamma}_{\min}} + \\ & + \left| A'_1 e^{-\alpha'_1 \dot{\gamma}'} + A'_2 e^{-\alpha'_2 \dot{\gamma}'} + A'_3 e^{-\alpha'_3 \dot{\gamma}'} \right|_{\dot{\gamma}'=0}^{\dot{\gamma}'=\infty} + \\ & + \left| \mu (\dot{\gamma} + \dot{\gamma}') \right|_{\dot{\gamma}=\dot{\gamma}_{\min}, \dot{\gamma}'=0}^{\dot{\gamma}=\dot{\gamma}_{\min}, \dot{\gamma}'=\infty} \end{aligned} \quad (1)$$

В уравнении (1) первое слагаемое — часть реологического уравнения, которая описывает экспериментальную характеристику в диапазоне скоростей сдвига до точки минимума (μ — коэффициент динамической вязкости диспергированного режима течения). Второе слагаемое — часть реологического уравнения, которая характеризует явление вторичного образования структуры после точки минимума в диапазоне скоростей сдвига $\dot{\gamma}' = 0, \dot{\gamma}' = \infty, 0 \leq \dot{\gamma}' \leq \infty$. Третье слагаемое — часть реологического уравнения, определяющая изменение вязкостных свойств диспергированной суспензии в диапазоне скоростей сдвига $\dot{\gamma}' = 0, \dot{\gamma}' = \infty$ при условии, что координаты начальной точки $\dot{\gamma}_0 = \dot{\gamma}_{\min}$.

В соответствии с [2] коэффициенты реологического уравнения $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$ являются временами релаксации структурных составляющих суспензии: пристенного слоя, стержня, флокул, волокон.

Для указанной реологической характеристики определена аналитическая кривая τ , полученная по уравнению (1), для которого при $\mu = 0,1388 \text{ Па} \cdot \text{с}$ найдены следующие числовые значения коэффициентов:

$$\begin{aligned} \tau = & \left| 80 e^{-0,03\dot{\gamma}} - 45 e^{-0,045\dot{\gamma}} - 20 e^{-0,075\dot{\gamma}} + 0,1388\dot{\gamma} \right|_{\substack{\dot{\gamma}' = 100 \\ \dot{\gamma} = 0}} + \\ & + \left| 17 e^{-0,022\dot{\gamma}'} - 10 e^{-0,04\dot{\gamma}'} - 7 e^{-0,05\dot{\gamma}'} \right|_{\substack{\dot{\gamma}' = 160 \\ \dot{\gamma}' = 0}} + \left| 0,1388 \times \right. \\ & \left. \times (\dot{\gamma} + \dot{\gamma}') \right|_{\substack{\dot{\gamma}' = 160, \dot{\gamma} = 100 \\ \dot{\gamma}' = 0, \dot{\gamma} = 100}} \end{aligned} \quad (2)$$

В данной модели принято предположение, что после точки минимума образуется вторичная структура, которая содержит составляющие меньшего масштаба с меньшим временем релаксации. Поэтому показатели степени второй части реологического уравнения (0,022... 0,050) ниже показателей первой части (0,030... 0,075). Эти величины в первом приближении соответствуют диапазону значений времени релаксации, определенному из релаксационного спектра. Например, при скорости сдвига $\dot{\gamma} = 200 \text{ с}^{-1}$ время релаксаций в узлах структурных единиц течения ($\Theta = 1/\dot{\gamma}$) равно 0,005 с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1346976 СССР, МКИ⁴ G 01 N 11/14. Вискозиметр / О. А. Терентьев, Э. А. Смирнова, В. Н. Гончаров, Э. М. Баранек (СССР).— № 3953240/24—25; Заявлено 02.08.85; Оpubл. 29.10.87, Бюл. № 39 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 39.— С. 190. [2]. Терентьев О. А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 248 с.

Поступила 2 марта 1993 г.

УДК 676.1.017.6

ВНУТРЕННЕЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В НАПОЛНЕННЫХ КАОЛИНОМ ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЯХ С Пониженным содержанием воды

О. А. ТЕРЕНТЬЕВ, С. Г. ВАСИЛЬЕВА, Ю. А. ТОТУХОВ,
Э. А. СМОРНОВА

С.-Петербургский технологический институт ЦБП

В настоящее время наиболее перспективным направлением в целлюлозно-бумажном производстве является формирование бумаги из бумажных масс повышенной и высокой концентрации. Использование таких концентраций позволяет решать актуальные для ЦБП задачи, связанные с экономией воды и охраной окружающей среды.

Объем имеющихся научных исследований по реологии и гидродинамике волокнистых суспензий повышенной и высокой концентраций весьма ограничен.

Цель данной работы — изучить влияние добавок каолина как типичного наполнителя бумажных композиций на структурообразование волокнистых суспензий.

Исследовалась волокнистая суспензия сульфитной беленой целлюлозы (СФИБ) с концентрацией по волокну 2 % и степенью помола