

УДК 676.017

ВЛИЯНИЕ СИНУСОИДАЛЬНЫХ СДВИГОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА СТРУКТУРУ БУМАГИ

Т. П. ГРУЗДЕВА, Б. П. ЕРЫХОВ, А. Н. НАУМОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Как было показано ранее [2], на установке типа УРОМС [3] можно не только измерять вязкоупругие характеристики целлюлозно-бумажных материалов, но и изменять их структуру, увеличивая сдвиговое воздействие на образец.

Если в предыдущей разработке [1] эффективность сдвигового воздействия варьировали изменением либо расстояния между возбуждающей катушкой и коромыслом, либо синусоидального напряжения, подаваемого на нее, то в предлагаемой работе уже учитывали конкретные значения сдвиговых напряжений на внутреннем контуре радиуса активного захвата в установке УРОМС.

Максимальное касательное напряжение на границе контура определится по формуле [1, формула (2, 51)]

$$\tau_0 = \frac{2G\theta_0}{1 - a^2/b^2}, \quad (1)$$

где G — модуль сдвига образца;
 θ_0 — амплитуда гармонической деформации внутреннего контура образца;
 a — внутренний (малый) радиус кольцевого образца;
 b — радиус неподвижного захвата.

Значение θ_0 можно вычислить через амплитуду колебаний A любой произвольной точки коромысла и расстояние r от этой точки до оси вращения коромысла:

$$\theta_0 = A/r, \quad (2)$$

где A и r можно найти методом «песчинки».

Суть его заключается в следующем. Пусть пластина 1 расположена горизонтально, совершает колебательное движение относительно фиксированной горизонтальной оси вращения, проходящей через точку O (рис. 1). Если на эту пластину поместить песчинку 2 на расстоянии r от оси, то при определенных значениях частоты и амплитуды колебаний она начнет отрываться от пластины. Это означает равенство веса песчинки и силы инерции:

$$mg = 4\pi^2\nu^2 Am, \quad (3)$$

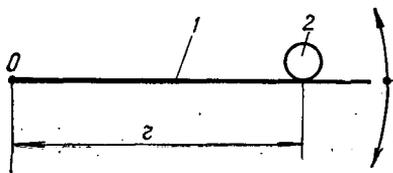


Рис. 1. Схема расположения песчинки на горизонтальной колеблющейся пластине

где m — масса песчинки;
 g — ускорение свободного падения;
 $4\pi^2\nu^2 A$ — ускорение колеблющейся пластины (за счет сил инерции);
 ν — частота колебаний, при которой происходит отрыв песчинки.

Из уравнения (3) получим формулу для определения амплитуды колебаний песчинки:

$$A = g / (4\pi^2\nu^2). \quad (4)$$

Для проведения эксперимента установку типа УРОМС фиксируют на подставке в таком положении, чтобы боковая поверхность коромысла с миллиметровой линейкой располагалась горизонтально. Исследуемый образец закрепляют в приборе, а на горизонтальную поверхность коромысла насыпают тонкий слой песка. После подачи на катушку возбуждения напряжения от звукового генератора и настройки системы в резонанс на коромысле найдем некоторую точку на расстоянии r от оси вращения. Песчинки, расположенные между этой точкой и осью вращения, будут неподвижны. Именно это расстояние надо отметить на шкале.

Подставив в уравнение (1) выражения для Θ_0 и A из формул (2) и (4), а также формулу для модуля сдвига $G = \frac{\pi(1-a^2/b^2)}{a^2d} I \nu^2$ [1], получим:

$$\tau_0 = \frac{I g}{2\pi a^2 d r}, \quad (5)$$

где ν — резонансная частота крутильных колебаний;
 I — момент инерции колеблющейся системы;
 d — толщина образца.

При испытании образцов одной толщины все величины в формуле (5), кроме r , остаются постоянными:

$$\frac{I g}{2\pi a^2 d} = B = \text{const.}$$

Формула (5) при этом примет вид

$$\tau_0 = B/r. \quad (6)$$

Значит, напряжение на границе активного захвата обратно пропорционально расстоянию. Значение напряжения τ_0 можно задавать заранее и вычислять соответствующие ему значения r . Увеличивая постепенно (от нуля) напряжение, подаваемое на катушку возбуждения (при этом «прыгающие» песчинки перемещаются от периферии к центру коромысла), определяем расстояние r , а следовательно, и напряжение сдвига.

Описанный метод был использован для лабораторных исследований динамического воздействия на структуру типографской бумаги № 2 бумажной фабрики им. М. Горького. Для выявления связи между структурой образца и временем динамического воздействия при различных касательных напряжениях всегда брали «свежий» образец.

На рис. 2 показан характер изменения модуля сдвига от времени t .

По платовым значениям G , согласно (рис. 2), построен график относительного изменения этого показателя с ростом τ_0 (рис. 3).

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

1) сдвигающие синусоидальные напряжения, способные изменять структуру целлюлозно-бумажных материалов, достаточно малы (на два-три порядка меньше атмосферного давления), т. е. управлять

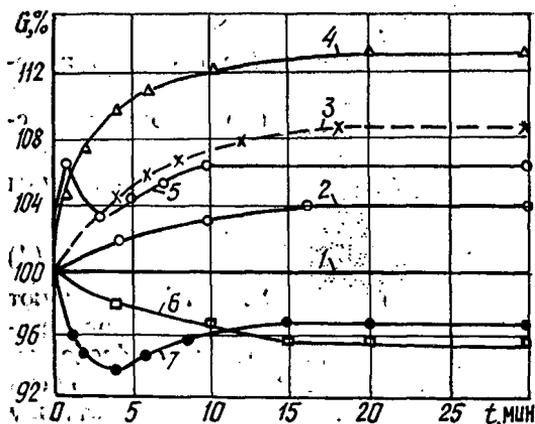


Рис. 2. Зависимость модуля сдвига от времени динамического воздействия при различных касательных сдвиговых напряжениях: 1—560; 2—600; 3—670; 4—740; 5—930; 6—1120; 7—1140 (при $\tau_0 = 560$ Па структура образца не подвергается изменению)

структурой уже сформированного бумажного полотна можно без значительных энергетических затрат;

2) вероятно, для некоторых видов целлюлозно-бумажных материалов существует оптимум динамического воздействия (кривая 4 на рис. 2 и верхняя точка на рис. 3), при котором достигается максимально плотная упаковка структурных элементов;

3) необходимое время динамического воздействия для получения окончательного результата переупаковки структурных элементов составляет порядка 10 мин;

4) как и в предыдущих работах [1, 3], анализ полученных результатов необходимо проводить на основе явления тиксотропии в воздушно-сухих целлюлозно-бумажных материалах;

5) конкурирующие процессы тиксотропии (самопроизвольное восстановление структуры) и динамического воздействия, приводящего к расшатыванию структурных элементов, полностью объясняют кривые на рис. 2, 3; локальные флуктуации на рис. 2 (кривые 5, 7) требуют дополнительной проверки и детального анализа.

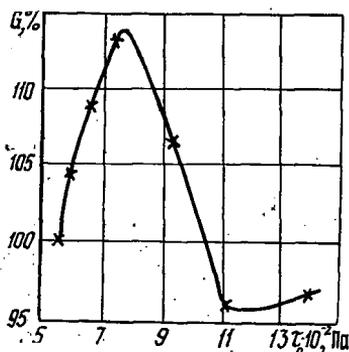


Рис. 3. Относительное приращение модуля сдвига при увеличении сдвигового напряжения

Таким образом, процессами тиксотропии и переупаковки структурных элементов в бумажных материалах можно разумно управлять, используя механическое поле напряжений. При этом необходимо иметь в виду, что при проведении широких исследований не существует альтернативы неразрушающим методам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— С. 141—161. [2]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. Об эффекте упрочнения бумаги при динамическом воздействии // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 89—92.— (Изв.

выш. учеб. заведений): [3]. ОСТ 13-163—83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажных производств. Бумага. Картон. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности. Введ. 01.01.84.

Поступила 3 апреля 1991 г.

УДК 676.1.014.8

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ СУСПЕНЗИЙ

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

Ленинградский технологический институт ЦБП

Известно, что производство бумаги представляет собой сложный непрерывный технологический процесс, состоящий из отдельных операций (варка, облагораживание, размол, массоподача, напуск, формование). Каждая из них так или иначе влияет на внутреннее структурообразование волокнистых суспензий. Напряжения, возникающие в структуре и характеризующие ее прочность, являются результатом взаимодействия сил между волокнами. Очевидно, характер и величина этих сил зависят от состояния и свойств поверхности волокон, наиболее сильно взаимодействующих в зонах контактов.

Цель настоящей работы — продолжить и развить исследования в области реологии волокнистых суспензий.

На начальном этапе работы рассмотрены варка и отбелка, открывающие технологический процесс и видоизменяющие не только поверхность природного волокна, но и его морфологию (внутреннее строение) и химический состав. Контроль за состоянием древесных волокон после обработки осуществляли методами микроскопии, ИК-спектрометрии и вискозиметрии.

Для испытаний использовали образцы целлюлоз из хвойной древесины со степенью помолы 14...15 °ШР: сульфатной беленой (СФАБ), сульфитной беленой (СФИБ) и сульфатной небеленой (СФАНБ).

Исследования субмикроструктуры поверхности волокон проводили с помощью просвечивающего (Tesla-500) и сканирующего (РЭМ 100-У) микроскопов.

Полученные реплики поверхности СФАБ показали, что строение внешних слоев просматривается слабо, так как они покрыты аморфными веществами матрикса, сквозь который видны структурные протяженные элементы слоя S_1 . На поверхности волокон СФИБ сохраняются слои клеточной стенки: наблюдаются остатки первичной оболочки P_1 , состоящие из беспорядочно переплетенных микрофибрилл, и ламеллы наружного слоя вторичной оболочки S_1 с поперечным расположением микрофибрилл по отношению к оси волокна.

На основании сопоставления реплик поверхностей волокон установлено, что поверхность СФАБ имеет более сомкнутую и плотную структуру, чем СФИБ, поскольку гораздо меньше набухает под действием варочных растворов.

Сравнение микрофотографий поверхностей волокон СФАБ и СФАНБ подтверждает, что отбелка удаляет в основном лигнин и гемиллюлозы, тем самым частично очищая поверхность волокна. Наряду с этим, у СФАНБ наблюдаются остатки торусов и обилие гранулированного лигнина на поверхности волокна, а также просматриваются остатки срединной пластинки.

Для получения более полной картины был использован также метод ультратонких поперечных срезов единичных волокон при увеличе-