

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.017

**СОСТАВНОЙ КРУТИЛЬНЫЙ МАЯТНИК
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ
БУМАГИ И ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Б. П. ЕРЫХОВ, А. Н. НАУМОВ, Ю. П. СЫРНИКОВ

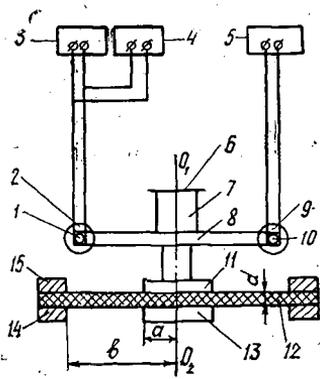
Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

При определении модуля сдвига и добротности [4] пленочных материалов можно заменять классические низкочастотные крутильные маятники с периодом колебаний 5...10 с высокочастотными (10^{-2} ... 10^{-3} с) [1—3].

При измерении вязкоупругих характеристик маятником типа УРОМС необходимо обеспечивать малое трение в радиально-упругом подшипнике. В противном случае наличие застойных явлений («залипание») в подшипнике может существенно уменьшать точность измерения модуля сдвига и добротности исследуемого материала.

Рассмотрим реализованную в макете известную идею замены подшипника торсионом в виде упругой вертикально расположенной пластины, которая является также и несущим элементом всей колебательной системы. На рисунке схематично изображен этот макет. Маятник содержит активный захват, выполненный в виде дисков 13 и 11, который связан с коромыслом 8 и упругим торсионом 7. Свободный конец 4 закреплен в теле несущей конструкции 6 прибора. Диски 11 и 13 обеспечивают жесткое закрепление пленочного образца 12 с коромыслом 8, а торсион 7 — начальную жесткость и разгрузку образца от нормальных напряжений при измерениях. Образец 12 зажимается по периферии в пассивном захвате между кольцами 14 и 15. На концах коромысла 8 симметрично запрессованы поляризованные ферриты 1 и 10, вблизи которых находятся индукционные катушки 2 и 9, прикрепленные к несущей конструкции. Средства возбуждения крутильных колебаний и регистрации резонансной частоты колебаний как и в УРОМС состоят из звукового генератора 3, цифрового частотомера 4 и милливольтметра 5.

Крутильный маятник с торсионом работает следующим образом. Исследуемый образец располагают горизонтально и закрепляют в пас-



Принципиальная схема крутильного маятника с торсионом

сивных захватах 14 и 15, а его центральную часть — в активных захватах 11 и 13. Поверхности кольца 15, диска 11 и образца 12 находятся в одной плоскости и вместе с коромыслом 8 и торсионом 7 представляют собой единую жесткую систему. С помощью генератора 3 переменное напряжение звуковой частоты подается на катушку возбуждения 2, которая сообщает коромыслу 8 синусоидальный крутящий момент. Этот момент передается через активный захват внутреннему контуру образца. Амплитуда колебаний фиксируется вольтметром 5 за счет наведения во второй индукционной катушке 9 ЭДС индукции. Резонансная частота, соответствующая максимуму амплитуды крутильных колебаний, фиксируется частотомером 4.

Наличие упругого торсиона, естественно, увеличивает крутильную жесткость всей колеблющейся системы, что несколько изменяет расчет вязкоупругих характеристик исследуемого материала. Как известно из теории колебаний, частота собственных крутильных колебаний может быть рассчитана по формулам:

при отсутствии образца

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_0}{I}}; \quad (1)$$

при наличии образца

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_0 + C}{I}}, \quad (2)$$

где C_0 и C — крутильная жесткость соответственно торсиона и образца;

I — момент инерции торсиона с коромыслом относительно вертикальной оси O_1O_2 .

Решая уравнения (1) и (2) совместно, получаем выражение

$$C = C_0 [(\nu/\nu_0)^2 - 1]. \quad (3)$$

Динамический модуль сдвига G определяем по следующей формуле [3]

$$G = \frac{\pi [1 - a^2/b^2]}{a^2d} I \nu_p^2. \quad (4)$$

Здесь a и b — внутренний и внешний радиусы образца;

d — толщина образца;

ν_p — резонансная частота крутильных колебаний системы без торсиона.

Подставляя в формулу (4) вместо ν_p выражение (2) и учитывая (3), имеем:

$$G = C_0 [(\nu/\nu_0)^2 - 1] \frac{1 - a^2/b^2}{4\pi a^2d}. \quad (5)$$

Согласно методике измерения крутильной жесткости C_0 торсиона без образца с добавочными грузами на концах коромысла, создающими добавочный момент инерции I_d , определяем резонансную частоту колебаний с помощью следующего выражения:

$$\nu_{0д} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_0}{I + I_d}}. \quad (1a)$$

Решая (1) и (1a) совместно, находим

$$C_0 = 4\pi I_d \frac{\nu_0^2 \nu_{0д}^2}{\nu_0^2 - \nu_{0д}^2}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), окончательно имеем

$$G = k(v^2 - v_0^2)/d, \quad (7)$$

где k — постоянная прибора, $k = \frac{C_0(1 - a^2/b^2)}{4\pi a^2 v_0}$.

Из (1) получаем выражение для C_0 и, подставляя его в (5), рассчитываем модуль сдвига по формуле

$$G = \pi(v^2 - v_0^2) \frac{1 - a^2/b^2}{a^2 d} I. \quad (8)$$

Так как для данного торсиона и коромысла v_0 и I измеряют один раз, то, как и в УРОМС для получения модуля сдвига нужно определить v и d образца.

При расчете диссипативных свойств материалов необходимо предположить, что технические потери на внутреннее трение будут складываться из потерь в материале и торсионе, т. е.

$$\operatorname{tg} \theta = \operatorname{tg} \theta_0 + \operatorname{tg} \theta_m, \quad (9)$$

где θ , θ_0 и θ_m — углы потерь соответственно результирующий, торсиона и материала.

Учитывая, что $\operatorname{tg} \theta = 1/Q$ (Q — добротность системы), по аналогии получаем:

$$\frac{1}{Q} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{Q_m} \quad (10)$$

или

$$Q_m = \frac{Q}{1 + Q/Q_0}. \quad (10a)$$

Зная, что Q измеряется по ширине резонансной кривой Δv на уровне, равном половине резонансной амплитуды, можно получить выражение для ее определения:

$$Q_m = \sqrt{3} \frac{v}{\Delta v + v \Delta v_0 / v_0}. \quad (11)$$

Здесь, как и в УРОМС, измеряются только v и Δv при результирующей жесткости, так как v_0 и Δv_0 для данного торсиона являются константами. Иными словами, снятие вязкоупругих параметров в крутильном маятнике с торсионом по продолжительности и трудоемкости аналогично УРОМС. Однако есть и принципиальное отличие: прибором с торсионом можно определять абсолютное значение добротности исследуемого материала. В табл. 1 приведены результаты измерения крутильной жесткости и динамического модуля сдвига синтетической бумаги «Океан» толщиной 0,1 и 0,15 мм при вариации толщины торсиона D .

Как видно из табл. 1, для различных толщин бумаги и торсиона значения измеряемых величин совпадают с точностью до 3 %.

В табл. 2 представлены результаты измерения крутильной жесткости, динамического модуля сдвига, добротности всей системы Q и материала бумаги Q_m для типографской бумаги толщиной 0,09 и 0,1 мм.

Несмотря на почти одинаковую толщину эти два вида бумаги отличаются по массонаполнению, т. е. бумага толщиной 0,09 мм более прозрачна и податлива. Модуль сдвига и крутильная жесткость примерно в 2,7 раза меньше у образцов тонкой бумаги, а добротность практически совпадает.

Точность измерения этих величин несколько ниже для типографской бумаги. Для крутильной жесткости и динамического модуля сдви-

Таблица 1
Вязкоупругие параметры синтетической бумаги «Океан» толщиной
0,1 мм (числитель) и 0,15 мм (знаменатель)

D, мм	ν_0 , Гц	$C_0 \cdot 10^2$, Н·м	ν , Гц	$C \cdot 10^3$, Н·м	$G \cdot 10^9$, Н/м ²
3	<u>51</u>	<u>1,22</u>	<u>250</u>	<u>1,04</u>	<u>1,86</u>
	81	1,22	301	1,56	1,87
4	<u>124</u>	<u>2,93</u>	<u>266</u>	<u>1,06</u>	<u>1,89</u>
	124	2,93	316	1,61	1,92
5	<u>167</u>	<u>5,20</u>	<u>290</u>	<u>1,05</u>	<u>1,89</u>
	167	5,20	334	1,56	1,86
6	<u>207</u>	<u>7,93</u>	<u>308</u>	<u>0,96</u>	<u>1,72</u>
	207	7,97	350	1,47	1,76
Среднее	—	—	—	$1,03 \pm 0,03$ $1,55 \pm 0,04$	$1,84 \pm 0,06$ $1,86 \pm 0,04$

Таблица 2
Вязкоупругие параметры типографской бумаги толщиной
0,09 мм (числитель) и 0,1 мм (знаменатель)

Номер образца	ν , Гц	$C \cdot 10^2$, Н·м	$G \cdot 10^7$, Н/м ²	ν_1 , Гц	ν_2 , Гц	$\Delta\nu$, Гц	Q	Q _м
1	<u>189</u>	<u>1,40</u>	<u>2,78</u>	<u>186</u>	<u>193</u>	<u>7</u>	<u>46,6</u>	<u>38,5</u>
	258	3,66	6,56	254	265	11	40,6	34,3
2	<u>195</u>	<u>1,57</u>	<u>3,12</u>	<u>193</u>	<u>198</u>	<u>5</u>	<u>67,0</u>	<u>51,5</u>
	264	3,89	6,97	260	270	10	45,7	37,9
3	<u>188</u>	<u>1,37</u>	<u>2,72</u>	<u>186</u>	<u>192</u>	<u>6</u>	<u>54,3</u>	<u>43,7</u>
	256	3,58	6,41	253	262	9	49,2	40,3
4	<u>194</u>	<u>1,54</u>	<u>3,06</u>	<u>190</u>	<u>196</u>	<u>6</u>	<u>56,0</u>	<u>44,8</u>
	267	4,01	7,18	265	275	10	46,2	38,3
5	<u>199</u>	<u>1,68</u>	<u>3,34</u>	<u>196</u>	<u>203</u>	<u>7</u>	<u>49,2</u>	<u>40,3</u>
	263	3,85	6,90	259	269	10	45,5	37,8
Среднее	—	$1,5 \pm 0,1$ $3,8 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,2$ $6,8 \pm 0,3$	—	—	—	55 ± 6 45 ± 2	44 ± 4 37 ± 1

га она составляет 4...7, для добротности — 10%. По-видимому, это связано с разной степенью неоднородности дефектов в образцах.

Полученные результаты показывают возможность применения маятника с торсионом при измерении крутильной жесткости и абсолютной добротности пленочных материалов в отличие от УРОМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1027581 СССР, МКИ⁴ G 01 N 3/32. Установка для определения вязкоупругих свойств листовых материалов / Б. П. Ерыхов, В. А. Макаров, Ю. А. Махов, А. Н. Наумов (СССР).— № 3435491 / 25—28; Заявлено 29.01.82; Опубл. 07.07.83, Бюл. № 25 // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 25.— С. 153. [2]. Ерыхов Б. П., Наумов А. Н., Раппопорт Р. М. Резонансный метод определения модуля сдвига целлюлозно-бумажных материалов // Лесн. журн.— 1981.— № 2.— С. 94—98.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ерыхов Б. П. Неразрушающие методы исследования целлюлозно-бумажных и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 226 с. [4]. ОСТ 13-163—83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Резонанс-

ный метод определения модуля сдвига и добротности.— М.: Госстандарт, 1983.— 15 с.

Поступила 20 марта 1992 г.

УДК 676.1.023.1 : 630*861.15

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ ДИОКСИДА ХЛОРА ПРИ ХЛОРИРОВАНИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Л. А. МИЛОВИДОВА, Г. В. КОМАРОВА, Г. И. ИВАНОВА,

Л. А. СМИРНОВА, С. В. СУВОРОВА

Архангельский лесотехнический институт

До последнего времени диоксид хлора вводили в схемы отбелки сульфитной целлюлозы в небольших количествах, поскольку требуемый уровень белизны готового продукта может быть обеспечен и при использовании более дешевых реагентов — хлора и гипохлорита. Заметной деструкции сульфитной целлюлозы, в отличие от сульфатной, в этом случае не наблюдается.

Но в условиях, когда основной проблемой процесса отбелки становятся вопросы экологии, необходимость расширения применения диоксида хлора на всех ступенях отбелки сульфитной целлюлозы совершенно очевидна.

Замещение хлора на диоксид хлора дает много преимуществ: сохраняется вязкость целлюлозы, увеличивается возможность использования оборотных вод, снижается смолистость. Эти преимущества общеизвестны, однако, информации о влиянии замещения хлора на диоксид хлора при хлорировании сульфитной целлюлозы явно недостаточно [1, 2, 3].

Нами была изучена зависимость основных показателей хвойной сульфитной целлюлозы после ступеней хлорирования (X) и щелочения (Щ) от обработки хлором и смесью хлора с диоксидом хлора на стадии хлорирования при температуре 20, 40, 60 °С. Степень замещения хлора диоксидом изменяли в интервале 0...100% от расхода его на хлорирование.

Образец небеленой целлюлозы имел следующие характеристики: жесткость 60 п. ед., вязкость 88 мПа·с, смолистость 1,7% (этиловый спирт).

Условия хлорирования и щелочения приведены в табл. 1, потребление хлорреагентов на ступени хлорирования — в табл. 2.

Из данных табл. 1, 2 видно, что основным фактором, способствующим поглощению хлорреагентов при хлорировании сульфитной целлюлозы, является температура. Степень замещения хлора диоксидом хлора практически не влияет на этот процесс. Несколько отличающийся результат получен только при хлорировании одним диоксидом и температуре 20 °С.

Свойства полученной целлюлозы представлены на рисунке.

Введение диоксида хлора приводит к снижению жесткости целлюлозы после хлорирования при температуре 20 °С на 5...6 перманганатных единиц (рис. а).

Повышение температуры хлорирования сопровождается несколько меньшим снижением жесткости целлюлозы, что особенно заметно при низкой (до 20...30%) степени замещения хлора на диоксид. При более высоких степенях замещения вновь происходит снижение жест-