

УДК 676.017.2

## ОБ ЭФФЕКТЕ УПРОЧНЕНИЯ БУМАГИ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Б. П. ЕРЬХОВ, А. П. ПЛОТНИКОВ, Ю. П. СЫРНИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

После обнаружения тиксотропии в воздушно-сухих целлюлозно-бумажных материалах [2, 4] и использования для фиксации этого явления высокочастотного крутильного маятника [5] по ОСТ 13—163—83 [6] появилась уникальная возможность на одной и той же установке реализовать динамическое воздействие на кольцевой образец и зафиксировать кинетику самопроизвольного восстановления структуры. Ранее [2, 4, 5] явления самопроизвольного тиксотропного упрочнения фиксировали низко-или высокочастотным крутильным маятником после слабых пластических деформаций целлюлозно-бумажного образца (протягивание под углом или через валик печатной машинки).

В данной статье в качестве механического воздействия использовали синусоидальный закручивающий момент, прикладываемый с помощью коромысла к внутреннему контуру кольцевого образца в установке для резонансного определения модуля сдвига типа УРОМС, серийно выпускаемой экспериментально-производственными мастерскими ЦНИИБа.

Учитывая, что амплитуда закручивающего момента легко варьирует с помощью напряжения на катушке возбуждения или расстоянием между постоянными магнитами на коромысле и катушкой возбуждения [6], можно количественно оценить эффективность динамического воздействия на исследуемый образец. Что касается характеристики самого способа вибрационного воздействия на образец, то по сравнению со статическим воздействием динамическое более технологично, удобно и дозировано управляемо. Для типично коагуляционных структур именно динамическому воздействию отдают предпочтение.

Различные виды целлюлозно-бумажных материалов испытывали следующим образом. Кольцевой образец фиксировали в УРОМСе, на катушку возбуждения подавали различное напряжение звуковых частот и определяли зависимость модуля сдвига  $G$  от продолжительности динамического воздействия  $t$ .

Учитывая, что во всех предлагаемых исследованиях действуют два конкурирующих фактора, один из которых связан с разупрочнением структуры при сдвиговых воздействиях, а другой — с самопроизвольным упрочнением за счет тиксотропных эффектов, рассмотрим полученные результаты.

На рис. 1 представлены две зависимости  $G = f(t)$  для двух образцов типографской бумаги № 1 Сыктывкарского ЛПК при слабом (1) и сильном (2) динамических воздействиях.

В первом случае (кривая 1 на рис. 1) переупаковка структурных «зерен» затруднена, зато кинетика упрочнения может быть надежно зафиксирована. Сильное динамическое воздействие (кривая 2 на рис. 2) приводит к быстрому увеличению модуля сдвига уже в первые минуты испытаний, следовательно, переупаковка структурных элементов за счет такого сдвигового воздействия существенно облегчается. Можно высказать предположение, что при сильном воздействии возрастание модуля

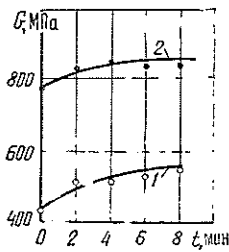


Рис. 1

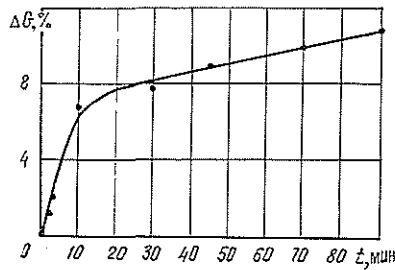


Рис. 2. Зависимость модуля сдвига от продолжительности динамического воздействия на бумагу ТБ-1, высушенную после ее помещения в изо-пропиловый спирт

сдвига до 800 МПа происходит настолько быстро, что на установке УРОМС мы не успеваем зафиксировать его возрастание от исходного значения (кривая 2 на рис. 1). Следовательно, сам процесс переупаковки структурных элементов при оптимальном динамическом воздействии может быть мало инерционен. Доказательство справедливости высказанного предположения — тот факт, что и сильное, и слабое (спустя 3 ч) воздействия приводят в конечном итоге к возрастанию модуля сдвига практически до одного и того же значения. Оказалось, что при сильном динамическом воздействии модуль сдвига в течение всего времени измерений несколько осциллирует, что связано, по-видимому, с конкурирующими факторами, отмеченными выше.

Как показано в работе [4], в бумагоделательной машине после изготовления бумаги процесс формирования структуры бумажного полотна еще не заканчивается, а продолжается довольно длительное время. Именно по этой причине прочность (и, следовательно, модуль сдвига) бумаги возрастает, а потом на определенном этапе проявляет себя процесс старения, связанный с изменениями химических свойств волокон и соответствующими изменениями механических свойств бумаги.

Оказалось, что процесс образования новых связей между структурными элементами можно существенно ускорить, если прибегнуть к механическому воздействию в виде пластической деформации, размораживающей структурные элементы и приводящей, в конечном итоге, к самопроизвольному тиксотропному упрочнению.

Представленные на рис. 1 графики показывают, что наиболее мощный катализатор этого процесса — динамическое сдвиговое воздействие на структуру бумаги, так как уже в первые моменты после начала этого воздействия модуль сдвига практически достигал максимальной величины за счет переупаковки структурных элементов. С целью проверки высказанных выше соображений в таблице представлены результаты по эффекту изменения структуры различных целлюлозно-бумажных материалов (свежих и пролежавших около 7 лет) под действием среднего динамического воздействия в УРОМСе в течение 1 ч. Испытанию были подвергнуты более 200 образцов.

Результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Целлюлозно-бумажные материалы, хранившиеся длительное время в естественных условиях, имеют более «устоявшуюся» структуру. Процесс структурообразования в них уже закончился, и динамическое воздействие незначительно изменяет их структурную характеристику — модуль сдвига.

Вид продукции	$G_{исх}$ , МПа	$G_{кон}$ , МПа	$\frac{G_{кон} - G_{исх}}{G_{исх}} 100, \%$
Типографская бумага № 1:			
ТБ-1 1984 г. № 1	782	855	9,3
» 1984 г. № 2	765	840	9,8
» 1984 г. № 3	430	538	29,7
Книжно-журнальная 1984 г.	505	722	42,0
Отливки 1977 г.:			
Хвойная целлюлоза № 1	327	329	0,6
» » № 2	345	347	0,6
Лиственная целлюлоза № 1	336	338	0,6
» » № 2	352	355	0,8
Из напорного ящика № 1	556	570	2,5
» » » № 2	565	581	2,8
ТБ-1 1977 г.	810	865	6,8
Калька маговая 1977 г.	119	123	3,4
Бумага писчая 1977 г.	625	654	6,2
Тетрапак 1977 г.	679	681	0,3

2. Для «свежих» материалов вибрационное воздействие приводит к быстрой и существенной переупаковке их структурных элементов.

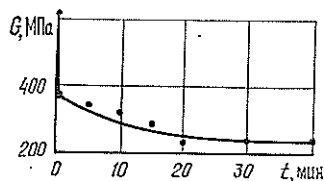
3. Более тонкие материалы быстрее и рельефнее реагируют на динамическое воздействие.

Приращение модуля сдвига за счет динамического воздействия в установке УРОМС (последняя графа таблицы) вполне достоверно, так как относительная погрешность измерения модуля сдвига для фиксированного в приборе конкретного образца в течение всего опыта составляет не более 0,1...0,2% [3].

Методом свободных крутильных колебаний ранее было показано [1], что пропитанная изопропиловым спиртом (ИПС) и затем высушенная бумага практически не изменяла своей структуры, так как модуль сдвига оставался постоянным. Такие же результаты получены и с использованием УРОМСа, однако в результате динамического воздействия на высушенный после ИПС образец модуль сдвига типографской бумаги вырос на 11% за 1,5 ч (рис. 2).

С целью исследования влияния характера контактов между структурными элементами при вибрационном воздействии был проведен эксперимент по обработке бумаги ТБ-1 трансформаторным маслом, избыток которого перед помещением в УРОМС убрали при помощи фильтровальной бумаги.

Рис. 3. Зависимость модуля сдвига от продолжительности динамического воздействия для бумаги ТБ-1 после ее пропитки трансформаторным маслом



На рис. 3 представлена зависимость  $G = f(t)$ , характеризующая кинетику пластификации образца под действием масла. Оказалось, что за 20 мин динамического воздействия модуль сдвига уменьшился на 35,6%, а по сравнению с его значением до пропитки он упал в 2,5 раза. Следовательно, пластификация самих волокон и ослабление межволоконных связей привели к резкому снижению прочности бумаги. Интересно, что после полного высыхания масла (в течение месяца) динамическое воздействие на те же образцы приводит к тому, что уже в первые 10...15 мин модуль сдвига возрастает на 40...60% по отношению

к его исходному значению до пропитки маслом. Иными словами, вибрационное сдвиговое воздействие на целлюлозно-бумажные материалы — самый эффективный способ, вызывающий самопроизвольное тиксотропное упрочнение бумаги за счет более плотной переупаковки ее структурных элементов.

Приведенные данные носят предварительный характер. Однако если скорость переупаковки структурных элементов в целлюлозно-бумажных материалах при динамическом воздействии действительно окажется высокой, то в перспективе можно рассчитывать на использование этого эффекта непосредственно на бумагоделательной машине с целью получения более сомкнутой структуры волокнистого материала.

Подводя предварительные итоги работ этого направления, особо следует отметить бесспорное наличие эффекта упрочнения бумаги при сдвиговом вибрационном воздействии, что обусловлено явлением тиксотропии в целлюлозно-бумажных материалах и обнаружено впервые в мировой практике. Для практического использования этого явления в ближайшем будущем должна быть проведена большая работа по выбору критериев динамического воздействия на структуру бумаги в зависимости от частоты, амплитуды, времени выдержки и отдыха после динамического воздействия и определения оптимальных предельных напряжений сдвига, вызывающих переупаковку структурных элементов.

В заключение авторы статьи считают своим приятным долгом поблагодарить ст. инж. М. А. Пилюю и ассист. Т. Н. Груздеву за участие в проведении некоторых измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование кинетики структурных изменений в бумаге методом крутильных колебаний // Лесн. журн.— 1982.— № 2.— С. 68—71. (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П. Исследование явлений тиксотропии и релаксации напряжений в целлюлозно-бумажных материалах // Лесн. журн.— 1982.— № 6.— С. 84—89. (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. Дополнительные доказательства наличия тиксотропии у бумаги // Лесн. журн.— 1985.— № 6.— С. 93—99. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Ерыхов Б. П., Плотников А. П., Сырников Ю. П. О некоторых проявлениях тиксотропии у бумаги // Лесн. журн.— 1978.— № 5.— С. 160—162. [5]. Ерыхов Б. П., Фляте Д. М. Исследование тиксотропии в целлюлозно-бумажных материалах высокочастотным крутильным маятником // Лесн. журн.— 1984.— № 1.— С. 64—68. (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. ОСТ 13—163—83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Бумага. Картон. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности.— Введ. 01.01.84 до 01.01.89.— М.: Изд-во Минлесбумпрома СССР, 1983.— 16 с.

Поступила 26 сентября 1986 г.

УДК 630\*813.13

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ ДИАРИЛМЕТАНОВ

О. К. СОКОЛОВА, Т. А. СОКОЛОВА, Н. М. РИШЕС,  
И. А. МАРТЫНОВА, З. Г. КОРОТНЕВА

Ленинградская лесотехническая академия

При жидкофазном окислении дипсевдокумилметана (ДПКМ) молекулярным кислородом получена смесь бензилбензойных кислот (ББК), которую использовали в качестве заменителя канифоли при производстве клееных видов бумаги без изменения технологии проклейки [3]. В зависимости от условий проведения процесса окисления образующиеся карбоновые кислоты обладают различной бумагопроклеивающей