

УДК 676.024.61

С.Н. Вихарев

(S.N. Vikharev)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с автором: cbp200558@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РЕЛАКСАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ И ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

RESEARCH OF TIME OF THE RELAXATION OF WOOD AND FIBROUS MATERIALS

Статья посвящена исследованию времени релаксации древесины и волокнистых полуфабрикатов. Для изучения этой характеристики использован аналитический подход. Использована модель стандартного вязкоупругого тела Максвелла–Томсона. Время релаксации древесных волокнистых материалов составляет от $2,8 \cdot 10^{-4}$ секунд у целлюлозы низкой концентрации до десятков секунд у древесины. При исследовании процесса размола и разработке конструкций гарнитуры это необходимо учитывать.

Article is devoted to a research of time of relaxation of wood and fibrous semi-finished products. For studying of this characteristic analytical approach is used. The model of a standard viscoelastic body of Maxwell–Thomson is used. Time of a relaxation of wood fibrous materials makes of $2,8 \cdot 10^{-4}$ seconds at cellulose of low concentration up to tens of seconds at wood. At a research of process of grind and development of designs of a font it needs to be considered.

Древесина и волокнистые полуфабрикаты (в том числе и бумага) представляют собой вязкоупругий материал. Для изучения характеристик этого материала, как правило, используют феноменологический подход [1]. Существует два метода обработки феноменологических данных: интегральный и аналитический.

Интегральный метод основан на экспериментальных данных: получают зависимость, которая отражает поведение материала под действием переменных факторов. Примером интегрального приближения является уравнение Нуттинга [1]:

$$\varepsilon = a_n^{-1} \tau^\beta \sigma^M,$$

где ε – относительная деформация;

a_n, β, M – постоянные коэффициенты;

τ – время;

σ – напряжение.

При $\beta = 0$ и $M = 1$ уравнение Нуттинга упрощается до закона Гука, а при $\beta = 1$ и $M = 1$ превращается в закон Ньютона. Это уравнение успешно применяется для описания поведения многих материалов [1].

Аналитический метод позволяет найти поведение волокнистого материала при различных условиях. При этом делаются допущения, что материал структурно близок к идеальным элементам, которые называют реологическими моделями.

Наиболее широко для описания свойств волокнистых вязкоупругих полуфабрикатов используют модель стандартного тела Максвелла–Томсона [1] (рис. 1). Механическое поведение этой модели описывается уравнением:

$$\frac{bE_1}{E_1 + E_2} \dot{\varepsilon} + \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon = \sigma + \frac{b}{E_1 + E_2} \dot{\sigma}, \quad (1)$$

где b – вязкость материала;

E_1 – мгновенный модуль упругости, $E_1 = H$;

E_2 – модуль упругости в зоне предразрушения образца;

ε – деформация;

σ – напряжение.

$$\tau = \frac{b}{E_1 + E_2},$$

где τ – продолжительность релаксации.

Длительный модуль упругости E (рис. 1):

$$E = \frac{E_1 E_2}{(E_1 + E_2)}.$$

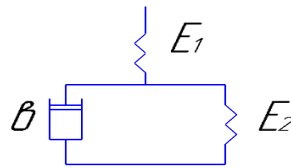


Рис. 1. Модель стандартного вязкоупругого тела Максвелла–Томсона

Уравнение (1) можно записать в виде:

$$\sigma + \tau \dot{\sigma} = E \varepsilon + \tau H \dot{\varepsilon}. \quad (2)$$

Параметры (реологические постоянные) модели Максвелла–Томсона можно получить путем изучения диаграмм зависимости между напряжением и деформацией при постоянной скорости деформирования.

Авторы многих использований стремятся перейти к более сложным законам деформирования, увеличивая число элементов в механических моделях [2, 3]. Следует отметить, что такой подход позволяет перейти к сложным законам деформирования, однако это не всегда приводит к качественным измерениям характера деформирования. Для практических целей достаточно использовать изучение стандартной модели вязкоупругого тела [4].

Релаксационные процессы имеют большое значение, так как при размоле волокнистый материал подвергается большим частотам воздействия, которые могут достигать 30 кГц [5]. Эти процессы обуславливают гистерезисные явления. Наличие гистерезисной петли часто связывают с процессом пластической деформации [6, 7], однако это может быть и следствием релаксационного характера размалывающей деформации. В связи с этой важнейшей характеристикой служит время релаксации напряжений, величина которого обусловлена перегруппированием элементов структуры волокнистого материала и кинетикой деформации.

Сравнение релаксации напряжений для воздушно-сухой сульфатной небеленой целлюлозы со степенью помола 30°ШР при скорости приложения нагрузки 50 мм/мин представлено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение времени релаксации напряжений воздушно-сухой целлюлозы, полученное различными методами

№ п/п	Число Каппа	Теория				Эксперимент [8]	
		Обработка кривой « σ - ϵ »				Испытание на релаксметре напряжений	
		E_1 , МПа	E_2 , МПа	σ , МПа	T_p , с	σ , МПа	T_p , с
1	20	9 080	1 340	53,3	5,2	51,3	11,7
2	30	9 880	1 260	58,2	5,9	53,9	10,2
3	40	7 780	1 330	51,2	5,9	49,2	11,2
4	50	8 560	1 130	57	6,8	56,7	9,4

Физический смысл проекта релаксации состоит в уточнении статического равновесия в системе. Скорость ее уточнения проходит с кратностью перехода системы из одного состояния в другое. Время релаксации зависит от температуры и механического напряжения [2].

Многие авторы отмечают зависимость времени релаксации древесины от её породы, влажности и скорости деформирования. Время релаксации древесины составляет десятки минут [4, 8]. Характеристики времени релаксации для волокнистых материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2

Время релаксации волокнистых материалов

Волокнистый материал и его характеристики	Время релаксации, с	Авторы исследований
Древесина (при прессовании, деформация сдвига)	37,5–41,9	О.Р. Дворняк [9]
Целлюлоза березовая сульфитная: концентрация 1 % концентрация 3 % концентрация 6 %	(2,8–3,9) 10^{-4} (4,2–4,4) 10^{-4} (2,9–5,6) 10^{-4}	О.А. Терентьев [10]
Целлюлоза сосновая сульфитная: концентрация 3 % концентрация 6 %	(2,8–4,2) 10^{-4} (3,6–4) 10^{-4}	О.А. Терентьев [10]
Целлюлоза небеленая сульфатная, концентрация 8–37 %: скорость сжатия 1,65, м/с скорость сжатия 2,30, м/с скорость сжатия 3,35, м/с	(2,7–4,2) 10^{-3} (1,8–2,3) 10^{-3} (1,5–2) 10^{-3}	В.Н. Гончаров [11]
Целлюлоза воздушно-сухая сульфатная небеленая	9,4–11,7	В.И. Комаров, В.А. Романов [8]

Время релаксации древесных волокнистых материалов составляет у целлюлозы низкой концентрации от $2,8 \cdot 10^{-4}$ с, а у древесины – до десятков секунд. При размоле в ножевых размалывающих машинах время воздействия ножей сопоставимо со временем релаксации волокнистых полуфабрикатов. Поэтому при исследовании процесса размола и разработке конструкций гарнитуры его необходимо учитывать.

Библиографический список

1. Комаров В.И. Деформация и разрушение целлюлозно-бумажных материалов. Архангельск: изд-во Архангельского госуд. технолог. ун-та, 2002. 440 с.
2. Бабурин С.В., Киприанов А.И. Реологические основы процессов целлюлозно-бумажного производства. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 224 с.
3. Кленкова Н.И. Структура и релаксационная способность целлюлозы. Л.: Наука, 1976. 367 с.
4. Комаров В.И., Казаков Я.В. Определение времени релаксации напряжения в целлюлозно-бумажных материалах из статических кривых « σ - ε » при деформировании и нагружении с постоянной скоростью // Лесной журнал. 1993. № 5–6. С. 130–133.
5. Вихарев С.Н. Экспериментальные исследования процессов размола при помощи вибрации на гарнитуре статора // Машины и аппарата ЦБП. 1990. С. 29–33.
6. Гермелис А.А., Латышенко В.А. Определение реологических характеристик из статических кривых « σ - ε », кривых ползучести и релаксации // Механика полимеров. 1967. № 6. С. 977–988.
7. Латышенко В.А. Диагностика жесткости и прочности материалов. Рига, знание, 1968. 320 с.
8. Дворняк О.Р. Моделирование реологического поведения древесины в процессах прессования // Инженерно-физический журнал. 2003. № 3. Т. 76. С. 150–155.
9. Романов В.А. Методика оценки упругорелаксационных и деформационных свойств бумаги. Л.: ЛТИ ЦБП, 1988. 70 с.
10. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве. М.: Лесная промышленность, 1980. 248 с.
11. Гончаров В.Н. Теоретические основы размола волокнистых материалов в ножевых машинах: дисс. на соиск. уч. степ. док. техн. наук. Л., 1990. 451 с.

УДК 674.07

М.В. Газеев, Ю.И. Ветошкин, О.Н. Чернышев, С.В. Совина
(M.V. Gazeev, Y.I. Vetoshkin, O.N. Chernyshev, S.V. Sovina)
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)
E-mail для связи с авторами: olegch62@mail.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ

THE LACQUER COATINGS OF FORMATION BY PNEUMATIC SPRAY METHOD

В статье рассматривается метод пневматического распыления как одного из наиболее распространенного способа формирования лакокрасочного покрытия на деталях и сборочных единицах изделий из древесины. Дан анализ сущности такого метода: особенности распыления лакокрасочного материала (ЛКМ) форсунками; потери