

рассчитанных по уравнению (3) данных подтверждает правильность подхода к применению уравнения типичного тела для описания процесса деформирования целлюлозно-бумажных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бабурин С. В., Киприанов А. И. Реологические основы процесса целлюлозно-бумажного производства.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 142 с. [2]. Гермелис А. А., Латишенко В. А. Определение реологических характеристик полимерных материалов из статических кривых « $\sigma - \epsilon$ », кривых ползучести и релаксации // Механика полимеров.— 1967.— № 6.— С. 977—988. [3]. Комаров В. И. Анализ зависимости напряжение — деформация при испытании на растяжение целлюлозно-бумажных материалов // Лесн. журн.— 1993.— № 2—3.— С. 124...131.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Малмейстер А. К. Статистическая интерпретация реологических уравнений // Механика полимеров.— 1966.— № 2.— С. 151—158. [5]. Малмейстер А. К., Тамуж В. П., Тегерс Г. А. Сопrotивление жестких полимерных материалов.— Рига: Зинатне, 1972.— 500 с. [6]. Ржаницын А. Р. Теория ползучести.— М.: Стройиздат, 1968.— 418 с. [7]. Романов В. А. Методики оценки упруго-релаксационных и деформационных свойств бумаги.— Л.: ЛТИ ЦБП, 1988.— 70 с. [8]. Тагер А. А. Физико-химия полимеров.— М.: Химия, 1978.— 544 с. [9]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 680 с. [10]. Хабаров Ю. Г., Комаров В. И. Оценка последовательности разрушения целлюлозных волоконистых материалов // Бум. пром-сть.— 1986.— С. 16—17.

Поступила 20 декабря 1993 г.

УДК 676.017

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ПРИ ИСПЫТАНИИ НА РАСТЯЖЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. И. КОМАРОВ, Я. В. КАЗАКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Коэффициент Пуассона ν является одной из основных характеристик материала, которая необходима во многих расчетах. При испытаниях целлюлозно-бумажных материалов определение этого коэффициента затруднено. В работе [2] предложена методика, позволяющая рассчитывать коэффициент Пуассона для полимерных материалов.

Нами проведена оценка возможности использования вышеуказанной методики при испытаниях на растяжение целлюлозно-бумажных материалов. В первую очередь необходимо было установить правильность подхода к решению данной задачи [3].

Известно, что под воздействием одноосного растяжения при разрушении полимерного материала одновременно происходят крейзование и образование полосы сдвига [1]. При деформировании целлюлозно-бумажных материалов в определенной степени наблюдается и пластическая деформация, которая, как можно предположить, также определяется этими механизмами разрушения структуры. Поэтому качественная оценка их вкладов в пластическую составляющую деформации, а значит, и в прочность вообще, представляется важной для интерпретации процессов деформации и разрушения.

Исходным уравнением предлагаемой методики является соотношение [4]

$$\frac{\Delta V}{V} / \left(\frac{\Delta L}{L} \right) = 1 - 2\nu, \quad (1)$$

где ΔV — объемная деформация;

V — исходный объем деформируемой части образца;

$\epsilon \Delta L$ — продольная деформация;

L — исходная длина рабочей части образца;

ν — коэффициент Пуассона.

Известно, что левая часть уравнения (1) определяет вклад крейзования в пластическую деформацию образца [1]. Если левая часть равна 1, то единственным механизмом является крейзование ($\nu = 0$), а при ее равенстве 0 вся пластическая деформация обусловлена сдвиговой вынужденной эластичностью (СВЭ); $\nu = 0,5$. При промежуточных значениях отношение, стоящее в левой части уравнения (1), равно относительной доле крейзования в пластической деформации. Таким образом, это уравнение позволяет однозначно дифференцировать вклады крейзования и СВЭ при условии известности ν .

По мере увеличения длины надреза a [1] в образцах происходит изменение напряженного состояния от плоскостянутого к плоскодеформированному, для которого нормальное напряжение в поперечном направлении не равно 0 (рис. 1). Важной характеристикой такого перехода является отношение a/b , которое в случае полимерного материала равно 0,1. Возрастание a/b вызывает значительное снижение прочности материала. Это связывается с подавлением механизма СВЭ по мере увеличения относительной длины надреза.

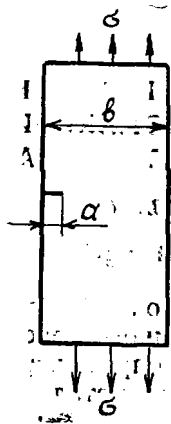


Рис. 1. Образец для испытаний (a — длина надреза; b — ширина образца)

Необходимый для дальнейших расчетов коэффициент Пуассона определяется из соотношения [2]

$$\frac{w_{p1}}{w_{p2}} = \left(\frac{1 - \nu}{1 - 2\nu} \right)^2, \quad (2)$$

где w_{p1} и w_{p2} — плотности энергии деформации соответственно в плосконапряженном и плоскодеформированном состояниях.

Величины w_{p1} и w_{p2} определяются следующим образом:

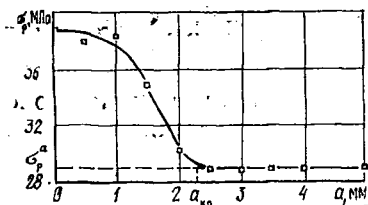
$$w_{p1} = \frac{\sigma_1^2}{2E}; \quad (3)$$

$$w_{p2} = \frac{\sigma_2^2}{2E}, \quad (4)$$

где σ_1 и σ_2 — напряжение разрушения соответственно при плосконапряженном и плоскодеформированном состояниях; E — модуль Юнга.

Испытаниям подвергали образцы, форма которых показана на рис. 1. На рис. 2 дана зависимость напряжения разрушения σ_p от a для исследуемых материалов. Эта зависимость имеет характерные особенности: 1) по мере увеличения a напряжение разрушения стремится к асимптотическим значениям; 2) длина надреза $a_{кр}$, соответствующая переходу к асимптотическим значениям, у целлюлозно-бумажных материалов соразмерна изменению a/b от 0,1 для размолотых образцов до 0,27 для неразмолотых, т. е. возрастает с увеличением степени дефектности материала; 3) при малых значениях a падение напряжения не наблюдается, встречаются случаи разрушения образцов, не в области надреза, что не характерно для полимеров и говорит о наличии в структуре целлюлозного материала дефектов, сравнимых с острым надрезом малой длины.

Рис. 2. Зависимость разрушающего напряжения от длины надреза ($a_{кр}$ — длина надреза, соответствующая переходу к асимптотическим значениям; $\sigma_p^a = \sigma_2$)



Из уравнений (2) — (4) при условии $E = \text{const}$ можно получить зависимость

$$\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \left(\frac{1 - \nu}{1 - 2\nu} \right)^2 \quad (5)$$

Величина $\sigma_2 = \text{const}$ и равна асимптотическим значениям σ_p^a . Тогда, определив σ_p при $a = 0$ (т. е. σ_1), можно по уравнению (5) вычислить ν , а по уравнению (1) — соответствующий относительный вклад механизма крейзования $\eta^{кр}$. Относительный вклад механизма СВЭ $\eta^{СВЭ} = 1 - \eta^{кр}$.

В таблице представлены результаты экспериментального определения ν , $\eta^{кр}$, $\eta^{СВЭ}$ у образцов лабораторного изготовления сульфатной небеленой целлюлозы с различной степенью помола (масса 1 м^2 равна 75 г) и картона типа крафт-лайнера с различной массой 1 м^2 , испытанного в машинном направлении. Полученные значения ν согласуются с литературными данными, что говорит о возможности применения данной методики для целлюлозно-бумажных материалов при испытании на растяжение (скорость приложения нагрузки 50 мм/мин).

Материал	Масса 1 м^2 , г	Степень помола, °ШР	Коэффициент Пуассона	Вклад в прочность, %	
				крейзования	СВЭ
Сульфатная целлюлоза	75	16	0,20	40	60
	75	25	0,28	56	44
	75	40	0,31	62	38
	75	60	0,32	64	36
Картон типа крафт-лайнера	125	—	0,23	46	54
	150	—	0,21	42	58
	175	—	0,21	42	58
	200	—	0,22	44	56

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бакнелл К. В. Ударопрочные пластики.— Л.: Химия, 1981.— 328 с. [2]. Козлов Г. В., Белоусов В. Н., Микитаев А. К. Оценка вкладов механизмов пластической деформации в ударную прочность полимеров // Докл. АН СССР.— 1984.— № 2.— С. 338—342. [3]. Комаров В. И. Применение статистической теории прочности при испытании целлюлозных материалов // Бум. пром.-сть.— 1987.— № 3.— С. 13—14. [4]. Polymer.— 1980.— Vol. 21. N 1.— P. 103—108.

Поступила 20 декабря 1993 г.

УДК 547.992.3 : 630*86

ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЙ ВАРКИ*

В. А. ДИЕВСКИЙ, А. В. БУРОВ

С.-Петербургский государственный технологический
университет растительных полимеров

Способы получения целлюлозных волокнистых материалов с использованием органических растворителей в качестве варочной среды, еще не имеют физически строгого описания кинетики делигнификации, что затрудняет разработку приемлемых вариантов их интенсификации. При обработке кинетических данных часто используют уравнения, характерные для топохимических реакций [1]. Например, при варке в концентрированных растворах уксусной кислоты применимо модифицированное уравнение Праута — Томпкина [4], что соответствует представлению об инактивации лигнина в процессе гидролитической деструкции [5]. Однако при использовании других варочных растворов замедление делигнификации может быть обусловлено их низкой растворяющей способностью по отношению к деструктивному лигнину, что требует уточнения роли диффузионных факторов.

В настоящей работе предлагается для описания кинетики органосольвентной делигнификации использовать модель, учитывающую влияние на скорость процесса концентрации лигнина в растворе и опирающуюся на основные положения, так называемой, «модели частицы с не взаимодействующим ядром» [2].

В указанной модели предполагается, что в течение всего процесса в центре твердого тела сохраняется «ядро», имеющее свойства исходного материала, а реакция протекает на границе этого ядра. Соответственно, ядро окружено прореагировавшим материалом, представляющим для изучаемого процесса делигнифицированный продукт. Диффузия деструктированного лигнина протекает на двух участках: внешний — через диффузный слой в окружающее пространство; внутренний — при движении молекул по порам древесины к внешней поверхности. Скорость делигнификации в целом определяется скоростью наиболее медленного этапа. Следует учитывать, что при определенных условиях диффузионные затруднения могут быть устранены, и наиболее медленным этапом становится химическая реакция.

При внешней диффузии скорость делигнификации пропорциональна разности концентраций лигнина на внешней и внутренней границах диффузного слоя $C_R - C_L$ и коэффициенту массопередачи K_M через этот слой:

$$-\frac{1}{S} \frac{dN}{dt} = K_M (C_R - C_L). \quad (1)$$

* Работа выполнена по государственной научно-технической программе России «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья».