

О ДЕФОРМАЦИОННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭПОКСИДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ

Композиционные материалы на эпоксидном связующем нашли широкое применение в технике и строительстве. В настоящее время недостаточно изучены деформационные свойства полимеров с позиции кинетической концепции деформирования.

Разработанные эпоксидные композиционные материалы, наполненные отходами промышленности (древесные опилки, асбофрикционные отходы, резиновая крошка) рекомендуются для использования в конструкции пола, в качестве обшивки панелей, опалубки [1, 2]. При работе в конструкции происходит деформирование композита. Поэтому возникает необходимость изучения механизма деформирования эпоксиддревесных композитов при длительном сжатии. Испытания проводились в условиях постоянных длительных нагрузок и температур.

Для выявления закономерностей деформирования сжатием при разных уровнях деформации были проведены испытания при температурах 8 (15), 32 и 60(50) °С. В результате получили зависимости в координатах $\lg \theta - \sigma$ (рис. 1), представляющие собой семейства прямых.

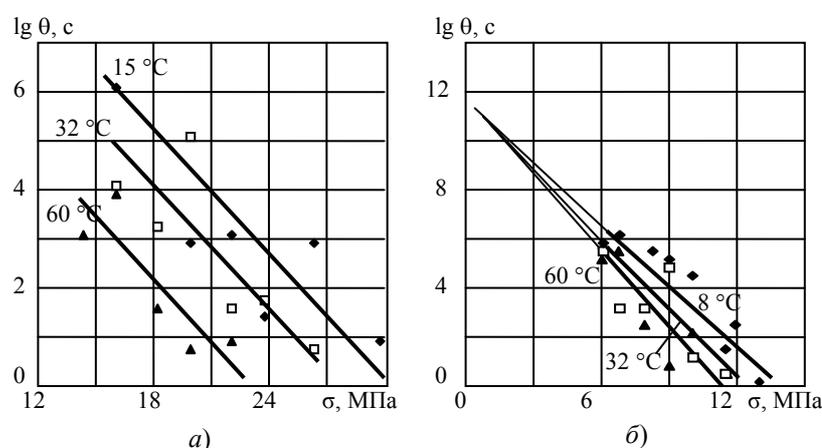


Рис. 1. Зависимость времени достижения деформации (7 %) от напряжения для композитов:

от напряжения для композитов:

- a* – ЭД-20 + АФО + опилки (2 : 1);
б – ЭД-20 + резиновая крошка + опилки (2 : 1);
 ◆ – 15 (8) °С; □ – 32 °С; ▲ – 60 °С

Для эпоксиддревесных композитов, наполненных смесью резиновой крошки и древесных опилок при соотношении 2 : 1 масс. частей и смесью асбофрикционных отходов и древесных опилок при соотношении 1 : 1 масс. частей, они имеют вид «обратного пучка». А для композита, наполненного смесью асбофрикционных отходов и древесных опилок при соотношении 2 : 1 масс. частей, полученные зависимости представляют собой семейства параллельных прямых. Данные зависимости можно описать соответственно уравнениями (1) и (2) [3]:

для обратного пучка

$$\theta = \theta_m^* \exp \frac{U_0^* - \gamma^* \sigma}{RT} \left(\frac{T_m^*}{T} - 1 \right); \quad (1)$$

для параллельных прямых

$$\theta = \theta_* \exp \frac{U}{RT} \exp(-\beta \sigma), \quad (2)$$

где $\theta_m^*(\theta_*)$, $U_0^*(U)$, γ^* , T_m^* – эмпирические константы; β – структурно-механический коэффициент, 1/МПа; R – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль · К); θ – время достижения заданной деформации (деформационная долговечность), с; σ – напряжение, МПа; T – температура, К.

Для различных процентов деформации графоаналитическим способом были определены физические и эмпирические константы, которые приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что для композита, наполненного смесью асбофрикционных отходов и древесных опилок при соотношении 2 : 1 масс. частей, при различном уровне деформации изменяется только величина структурно-механического коэффициента β . Остальные две константы (U , θ_*) практически не изменяются.

Такое поведение констант обусловлено большой жесткостью и прочностью материала. Увеличение значения коэффициента β , очевидно, связано только с ростом деформации образцов. В работе [4] для ДСП плотностью 800 кг/м^3 было отмечено, что при различном уровне деформации изменяется только величина структурно-механической константы (γ^*), причем она уменьшается симбатно степени деформации, а остальные три константы (U_0^* , θ_m^* , T_m^*) практически не изменяются.

Для двух других исследованных композитов картина меняется. При повышении уровня деформации снижаются величины констант U_0^* и γ^* . Значения констант θ_m^* , T_m^* практически не изменяются. Такое поведение констант связано большей деформативностью данного материала.

1. Величины эмпирических констант при различных степенях деформации

Материал	Деформация, %	Величины эмпирических констант				β , 1/МПа	Прочность, МПа	Долговечность, с
		θ_m^* , (θ_m^*) , с	T_m^* , К	$U(U_0^*)$, кДж/моль	γ^* , кДж/(моль \times МПа)			
ЭД-20 + АФО + опилки (2 : 1)	3	$10^{-10,1}$	–	108	–	0,285	15,3	$10^{5,4}$
	5	$10^{-8,2}$	–	104	–	0,365	15,2	$10^{5,4}$
	7	$10^{-8,3}$	–	112	–	0,413	16,6	$10^{6,1}$
ЭД-20 + АФО + опилки (1 : 1)	3	$10^{5,7}$	210	–5,6	–4,60	–	4,5	$10^{3,4}$
	5	$10^{5,3}$	231	–10,7	–4,96	–	3,7	$10^{3,8}$
	7	$10^{5,8}$	227	–22,2	–5,78	–	7,6	$10^{4,4}$
ЭД-20 + резиновая крошка + опилки (2 : 1)	3	$10^{9,7}$	201	8,3	–9,71	–	8,1	$10^{2,3}$
	5	$10^{10,3}$	204	–12,9	–11,6	–	9,7	$10^{3,5}$
	7	$10^{9,3}$	210	–33,8	–12,9	–	9,4	$10^{3,8}$
ДСП 800 кг/м^3	7	10^7	238	–1	–27,3	–	2,6	–
ЭД-20		$10^{6,3}$	309	–21	–36	–	–	–
ЭД-20 + АФО 21 МАСС. %		$10^{6,3}$	309	–23	–31	–	–	–

Примечания: 1) прочность рассчитана при долговечности 10^5 с и температуре 288 К;

2) долговечность рассчитана при температуре 288 К и прочности 14 МПа для композита ЭД-20 + АФО + опилки (2 : 1) и 9 МПа для ЭД-20 + АФО + опилки (1 : 1) и ЭД-20 + резиновая крошка + опилки (2 : 1).

Полученные значения термофлуктуационных констант при «обратном пучке» значительно отличаются от значений для чистой смолы ЭД-20 и полимеррастворов на ее основе, наполненных отходами промышленного производства (при степени наполнения до 35 масс. %) [5]. В указанной работе был сделан вывод о том, что при данной степени наполнения работоспособность полимеррастворов определяется в первую очередь полимерной матрицей, а вид наполнителя не влияет на ход термодеструкции матрицы. На работоспособность же эпоксиддревесных композитов существенное влияние оказывает наполнитель, а не связующее.

Значение константы T_m^* этих двух эпоксиддревесных композитов близко к значению, полученному для ДСП, что говорит о решающем влиянии наполнителя на деформационные процессы в композите.

При деформировании с помощью уравнений (1) и (2) можно рассчитать границы работоспособности эпоксиддревесных композитов (долговечность, длительный «предел текучести») при заданных параметрах эксплуатации. Значения «предела текучести» и деформационной долговечности, рассчитанные при заданных значениях температуры, времени эксплуатации и уровня деформирования приведены в табл. 1. Из таблицы видно, что деформационная работоспособность выше у композита, наполненного смесью асбофрикционных отходов и древесных опилок при соотношении 2 : 1 масс. частей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лотц, Н.С. Водостойкий и экологически безопасный эпоксиднодревесный композит [Текст] / Н.С. Лотц, О.А. Киселева, В.П. Ярцев // Современное состояние и перспектива развития строительного материаловедения : Восьмые академические чтения отделения строительных наук РААСН. – Самара, 2004. – С. 312 – 314.
2. Лотц, Н.С. Эпоксиднодревесный композит с добавлением резиновой крошки [Текст] / Н.С. Лотц, О.А. Киселева, В.П. Ярцев // Прогрессивные технологии развития : сб. науч. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов, 2004. – С. 254–255.
3. Ратнер, С.Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? [Текст] / С.Б. Ратнер, В.П. Ярцев. – М. : Химия, 1992. – 320 с.
4. Киселева, О.А. Прогнозирование работоспособности древесностружечных и древесно-волоконистых композитов в строительных изделиях : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / О.А. Киселева. – Воронеж, 2003. – 208 с.
5. Воронков, А.Г. Ремонтностроительные эпоксидные растворы с повышенными эксплуатационными качествами : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / А.Г. Воронков. – Воронеж, 2003. – 194 с.

Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»