

УДК.678.067.5.539.4.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ГЕТИНАКСА С
УЧЁТОМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ
Валесян С.Ш.**

Ключевые слова: гетинакс, диссипация энергии, температурное поле.
Key words: getinacks, factor of energy dissipation, temperature field.

Վալէսյան Ս.Շ.

Գետինակսի դիսսիպատիվ հատկությունների հետազոտումը ջերմային դաշտի արկայությամբ

Ջերմային դաշտի ազդեցությունը գետինակսի դիսսիպատիվ հատկությունների վրա փորձարարական հետազոտության արդյունքները դիտարկվել են այս հոդվածում: Հաշվարկված է և կառուցված է մոտարկումը փորձարկման արդյունքում ստացված σ և ϵ բեռնում (\rightarrow) և բեռնաթափում (\leftarrow) հիստերեզիսի թևերի համար: Հաշվարկված է էներգիայի ցրման գործակիցը: Բացահայտվել է, որ ջերմային դաշտը զգալիորեն աղդում է գետինակսի դիսսիպատիվ հատկությունների վրա և այդ ազդեցությունը պայմանաորված է ամպլիտուդային լարման մեծությունից ցիկլիկ ազդող փորձանմուշի վրա:

Valesyan S.Sh.

Investigation of dissipative properties of getinacks taking into account the effect of temperature field

The results of experimental investigation of the effect of temperature field on the dissipative properties of layered getinacks widely applicable in electrical manufacturing, electronics and microelectronics are considered in this paper. The approximation of the experimentally obtained dependences between σ and ϵ for the loading (\rightarrow) and unloading (\leftarrow) parts of the hysteresis loop are calculated and plotted. The factor of energy dissipation is defined. Detected that the temperature field effects the dissipative properties of the layered getinacks and this effect depends on the level of peak voltage cyclically acting on the material.

В данной работе рассматриваются результаты экспериментального исследования влияния температурного поля на диссипативные свойства слоистого гетинакса, широко применяемого в электротехническом производстве, электронике и микроэлектронике. Рассчитана и построена аппроксимация экспериментально полученных соотношений между σ и ϵ на участках восходящей (\rightarrow) и нисходящей (\leftarrow) ветвей петли гистерезиса. Рассчитан коэффициент диссипации энергии. Выявлено, что температурное поле сильно влияет на диссипативные свойства слоистых гетинаксов и это влияние существенным образом зависит от уровня, циклически действующего на материал амплитудного напряжения.

Вопросам исследования диссипативных свойств композиционных материалов с учётом физико-механической природы их составляющих, ориентации армирования, технологии переработки материала, температурно-влажностных условий окружающей среды, посвящен ряд работ ([1-6] и др.). В этих работах показано, что определение энергии рассеяния армированных и неармированных композитов довольно точно может быть осуществлено путем повторно-статического осевого растяжения.

В данной работе рассматриваются результаты экспериментального исследования влияния температурного поля на диссипативные свойства слоистого гетинакса, широко применяемого в электротехническом производстве, электронике и микроэлектронике.

Плоские экспериментальные образцы – двухсторонние лопатки, размеры которых соответствуют требованиям ГОСТа 11262-80 [7], были вырезаны из

гетинаксовых листов, которые представляют из себя слоистые композиты, изготовленные из препрега сульфат-целлюлозной бумаги, пропитанной фенол-формальдегидной смолой, спрессованные по технологии регулируемого термопрессования.

Подробные сведения об изготовлении листовых композиционных материалов по технологии регулируемого термопрессования можно получить из работ [8,9].

Испытания экспериментальных образцов из гетинакса на осевое растяжение и обработка полученных опытных данных были осуществлены согласно ГОСТ 9550-81.

Испытания образцов на повторно-статическое растяжение-разгрузку производились ступенчатообразным изменением напряжения с шагом $0,1\sigma_b$ (σ_b – временное сопротивление образцов разрыву при 20°C , 60°C и 120°C) с выдержкой на каждом шагу лишь на время, необходимое для снятия показаний с датчиков, измеряющих деформации. Амплитудное значение приложенной на образец нагрузки соответствовало $0,6\sigma_b$ и $0,9\sigma_b$. Число циклов при повторно-статическом испытании принималось равным 6.

Испытания образцов на одноосное растяжение, а также на циклическое повторно-статическое нагружение проводились при трёх температурных режимах ($\approx 20^{\circ}\text{C}$, 60°C и 120°C соответственно). При этом, заданное температурное поле создавалось постепенным повышением температуры ёмкости, где находился образец в течении проведения эксперимента, а после достижения необходимой температуры испытываемые образцы выдерживались при данном температурном режиме в течении 30 мин до начала эксперимента. Отметим, что за этот промежуток времени температура образца была равна температуре созданного температурного поля.

Аппроксимация экспериментальных полученных соотношений между σ и ε на участках восходящей (\rightarrow) и нисходящей (\leftarrow) ветвей петли гистерезиса для вышеупомянутого испытания было осуществлено по формуле:

$$\overset{\rightarrow}{\sigma} = \alpha \overset{\rightarrow}{\varepsilon} + \beta \overset{\rightarrow}{\varepsilon}^n \quad (1)$$

здесь и ниже ε – деформация, отсчитываемая от значения установившейся остаточной деформации, а α , β и n – параметры аппроксимации, подобранные отдельно для каждой ветви нагружения и разгрузки соответственно, они приведены в таблице.

Известно, что неупругое поведение материала, деформируемого в режиме повторно-статического нагружения, оценивается коэффициентом относительного рассеяния энергии (коэффициент диссипации энергии) ψ , исходя из зависимости [10]:

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} \quad (2)$$

где ΔW – величина W рассеянной за цикл энергии, а W – величина энергии деформирования.

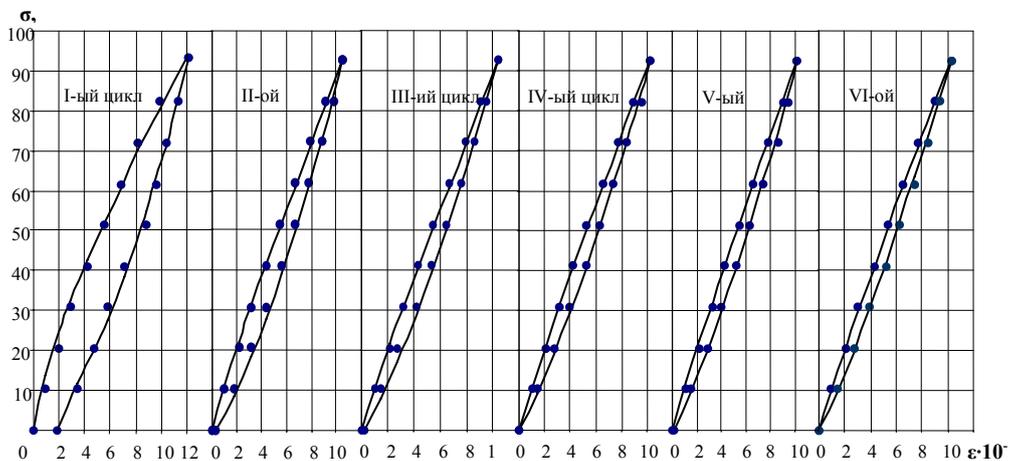
Поскольку величины ΔW и W представляют собой, соответственно, площадь петли гистерезиса и площадь, ограниченная восходящей петлей гистерезиса и осью ε , используя (1) и (2), для ψ получим:

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} = \frac{\int_0^{\varepsilon_{\max}} \overset{\rightarrow}{(\alpha \varepsilon + \beta \varepsilon^n)} d\varepsilon - \int_0^{\varepsilon_{\max}} \overset{\leftarrow}{(\alpha \varepsilon + \beta \varepsilon^n)} d\varepsilon}{\int_0^{\varepsilon_{\max}} \overset{\rightarrow}{(\alpha \varepsilon + \beta \varepsilon^n)} d\varepsilon} \quad (3)$$

Проинтегрировав формулу (3), для коэффициента ψ получим следующее выражение:

$$\psi = \frac{\frac{\varepsilon_{\max}^2}{2}(\bar{\alpha} - \bar{\alpha}) + \bar{\beta} \frac{\varepsilon^{\bar{n}+1}}{\bar{n}+1} - \bar{\beta} \frac{\varepsilon^{\bar{n}+1}}{\bar{n}+1}}{\frac{\bar{\alpha}}{2} \varepsilon_{\max}^2 + \bar{\beta} \frac{\varepsilon^{\bar{n}+1}}{\bar{n}+1}} \quad (4)$$

Проведённые испытания показали, что при комнатных температурах ($\approx 20^\circ\text{C}$) у образцов, подвергнутых циклическому нагружению-разгрузению при условии $\sigma_{\max} = 0.6\sigma_b$, рассеяния энергии не наблюдается в течение всего процесса испытаний. Однако, в случае действия циклического напряжения с амплитудой $0.9\sigma_b$, уже с первого цикла образуется петля гистерезиса со значительной площадью (фиг.1). Диссипативные явления были обнаружены и в остальных случаях циклического испытания гетинаксовых образцов.



Фиг.1 Кривые петли гистерезиса для образцов, испытанных при амплитуде $0.9\sigma_b$ и $T \approx 20^\circ\text{C}$.

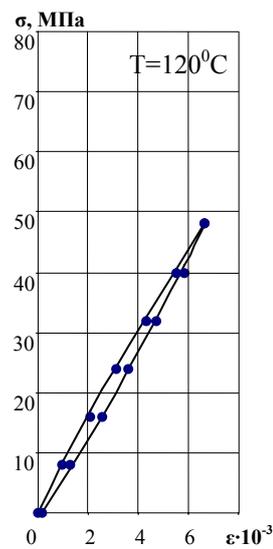
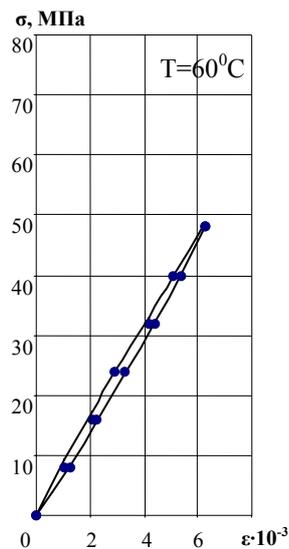
Как видно из фиг.1, у образцов, подвергнутых циклическому испытанию с амплитудным напряжением $0.9\sigma_b$ при $T \approx 20^\circ\text{C}$, с увеличением номера цикла испытаний n , восходящая и нисходящая ветви петли гистерезиса сближаются. Такая закономерность была обнаружена и в остальных случаях аналогичных испытаний.

Таблица

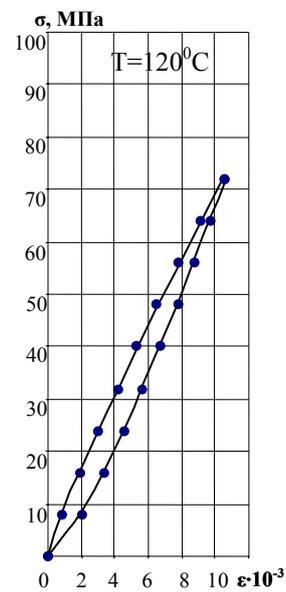
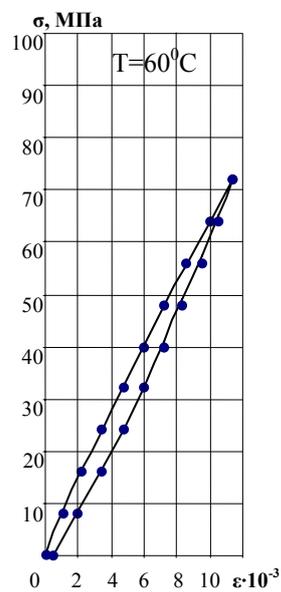
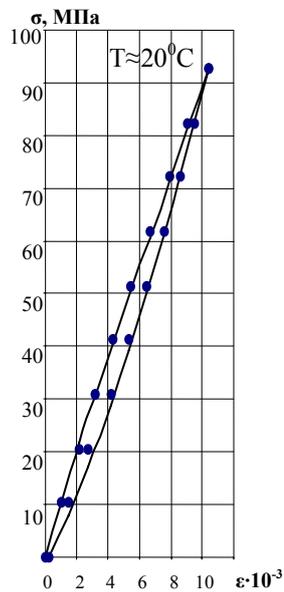
Временное сопротивление образцов разряду σ _в , МПа	Значение приложенной нагрузки	Температурный режим t испытаний, °С	Параметры аппроксимации для восходящей ветви гистерезиса (ветви нагружения)			Параметры аппроксимации для нисходящей ветви гистерезиса (ветви разгрузки)			коэффициент диссипации энергии, ψ
			$\vec{\alpha}$	$\vec{\beta}$	\vec{n}	$\leftarrow{\alpha}$	$\leftarrow{\beta}$	\leftarrow{n}	
	0,6 σ _в	20							
80		60	5.37	3.34	0.815	3.9	2.563	1.2	0.09
80		120	4.99	3.9	0.71	3.1	2.39	1.29	0.12
102.86	0.9 σ _в	20	5.035	5.99	0.799	1.77	2.39	1.458	0.184
80		60	3.45	4.465	0.799	2.5	1.3	1.416	0.151
80		120	4.7	4.5	0.7	1.899	1.899	1.4	0.186

Сравнение соответствующих данных показывают, что в случаях проявления диссипативных свойств, с увеличением числа циклов n до 2-3, значения остаточных деформаций цикла уменьшаются, стремясь к величинам существенно меньшим их соответствующих значений, полученных при первом цикле. С дальнейшим увеличением числа циклов испытаний наблюдается тенденция уменьшения значений этих деформаций. При этом, ветви гистерезиса сохраняют направление выпуклости или вогнутости независимо от номера цикла испытаний.

а)



б)



Фиг.2. Кривые петли гистерезиса гетинаксовых образцов, построенные согласно зависимости (1), для $0.6 \sigma_b$ (а) и $0.9 \sigma_b$ (б).

Сопоставление амплитудных и остаточных величин деформаций, полученных при одном и том же цикле испытаний, показывает, что в указанных выше случаях

испытаний образование замкнутой петли гистерезиса практически происходит через 2-3 цикла нагружения-разгружения.

Значения опытных параметров, входящих в формулу (1), рассчитанные для III-го цикла испытания образцов, у которых было обнаружено проявление диссипативных свойств, приведены в таблице.

На фиг. 2 изображены кривые петли гистерезиса для вышеупомянутого цикла испытания образцов, построенные согласно формуле (1) с использованием параметров аппроксимации, представленных в таблице. На фигурах точками обозначены опытные данные.

Из фиг.2 следует, что аналитическое описание опытных данных формулой (1) с использованием представленных в таблице параметров аппроксимации можно считать вполне приемлемым.

Значения коэффициента рассеяния энергии, рассчитанные для III-их циклов испытаний образцов согласно формуле (4), приведены в вышеупомянутой таблице.

Из сравнения этих данных замечаем, что в случае деформирования в режиме нагружения-разгружения при значении амплитудного напряжения $0.6\sigma_b$ увеличение температуры образцов от 60°C до 120°C приводит к росту значения коэффициента диссипации энергии Ψ более чем на 33%. Напомним, что в этом случае циклического нагружения при температуре $\approx 20^{\circ}\text{C}$ образцы не проявили диссипативных свойств в течение всего процесса испытаний.

Сопоставление соответствующих данных таблицы также показывает, что в случаях, аналогичных вышеуказанным испытаниям образцов с амплитудным напряжением $0.9\sigma_b$, рост температуры образцов с $\approx 20^{\circ}\text{C}$ до 60°C приводит к уменьшению величины коэффициента диссипации энергии Ψ на 18%. С дальнейшим ростом температуры образцов от 60°C до 120°C наблюдается увеличение значения коэффициента диссипации энергии Ψ более чем на 23% по отношению к его минимальному значению.

Таким образом, температурное поле сильно влияет на диссипативные свойства слоистых гетинаксов и это влияние существенным образом зависит от уровня циклически действующего на материал амплитудного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаевский П.Г., Бельник А.Р., Бабаевская Н.Я., Жукова Н.С., Рогинский С.А. Влияние минеральных дисперсных наполнителей на деформационно-прочностные свойства и трещиностойкость отвержденных полиэфиров // Механика Композит. Материалов Латв. АН. 1987. N5. С.819-824.
2. Булманис В.Н., Гуняев Г.М., Кривонос В.В., Машинская Г.П., Меркулова В.М., Милютин Г.И., Герасимов А.А., Кузьмин С.А. Атмосферостойкость полимерных волокнистых композитов в условиях холодного климата // Механика Комп. Материалов Латв. АН. 1991. N6. С.1065-1073.
3. Карапетян К.А. Деформативные свойства стеклопластиковых труб при повторно-статическом одноосном и комбинированном нагружениях. // Доклады НАН Армении. 2001. Т.101. N4. С.317-323.
4. Карапетян К.А., Саркисян Н.Е., Хачикян А.Г., Азнаурян А.Г. О деформационных свойствах стеклопластика при повторно-статическом одноосном и сложном нагружениях // Изв. НАН Армении. Механика. 2001. Т.54. N4. С.61-69.
5. Лимонов В.А., Перевозчиков В.Г., Тамуж В.П. Усталость слоистых композитов с различными схемами армирования // Механика Композит. Материалов Латв. АН. 1988. N5. С.786-796.
6. Храменков Н.Е., Саморядов А.В., Моисеев Ю.В., Похолов Т.В., Маликова Т.П., Назаров П.А. Влияние влаги на старение стеклонаполненного полиамида-6. // Механика Композит. Материалов Латв. АН. 1991. N3. С.509-513.

7. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. // М.: Изд-во стандартов, 1981.
8. Симонян А.М., Валесян С.Ш. Конструкции оправок для регулируемого самопрессования композитов в процессе полимеризации // Изв. НАН Армении. Сер.ТН. 1999. N1. С.14-19.
9. Симонян А.М., Валесян С.Ш. Эффективная технология изготовления элементов конструкций из полимерного композиционного материала // Сб. научн. трудов конференции, посвящённый 90-летию со дня рождения профессоров Т.Т.Хачатряна и О.М.Сапонджяна. 1999. С.197-201.
10. Пановко Я.Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем // М.: Госиздат физ.мат.литературы, 1960. 193с.

Сведения об авторе:

Валесян Сона Шантовна, Институт механики НАН Армении

Адрес: пр. Маршала Баграмяна, 24^б, 0019, Ереван, Армения

Тел: (098) 87 07 35

Поступила в редакцию 17.01.2012