

УДК.678.067.5.539.4.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ГЕТИНАКСА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕХНОЛОГИИ РЕГУЛИРУЕМОГО ТЕРМОПРЕССОВАНИЯ

Валесян С.Ш.

Ս.Շ. Վալեսյան

Կարգավորվող ջերմամանրյան տեխնոլոգիայի օգտագործմամբ պատրաստված գետինակի մեխանիկական հատկությունների հետազոտումը

Աշխատանքում բերված են գետինակի, որը պատրաստված է կարգավորվող ջերմամանրյան տեխնոլոգիայով, մեխանիկական հատկությունների փորձարարական հետազոտումների տվյալները: Կատարված է ջերմամանրյան ճնշման հաշվարկը պոլիմերիզացիայի ընթացքում և ցույց է տրվում նրա ազդեցությունը գետինակի ամրության և առանձակամտության գործակցի վրա:

S.Sh. Valesyan

The investigation of mechanical properties of getnacks manufacturing with the use of regulation thermopressing technology

В работе приводятся данные экспериментальных исследований механических свойств гетинакса, изготовленного по технологии регулируемого термопрессования. Сделан расчет давления термопрессования в процессе полимеризации и показано влияние его на прочность и модуль упругости гетинакса.

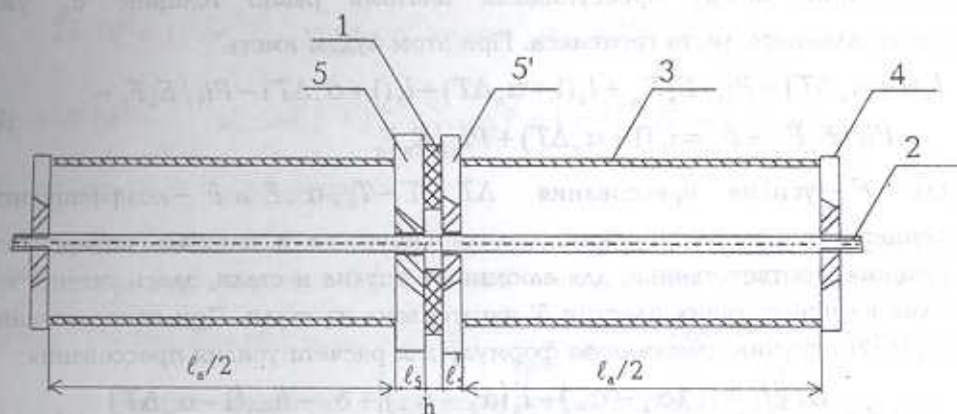
Как известно [1], прессование композита в процессе его отверждения существенно повышает его прочность. В связи с этим была разработана и опробована на стеклопластиковых и углепластиковых трубах технология термопрессования (самопрессования), основанная на разнице коэффициентов температурного расширения материалов внутренней и наружной оправок, что обеспечивает уменьшение зазора между оправками и, как следствие, прессование композита без использования прессового оборудования [2]. Эта технология особенно эффективна при изготовлении тонкостенных большеразмерных труб. Однако при использовании этой технологии изменение давления прессования может осуществляться лишь путем изменения толщин оправок, что весьма неэффективно, так как приводит к весьма незначительным изменениям давления прессования и для труб малого размера - к очень слабому прессованию вообще.

В работах [3] предлагалась технология регулируемого термопрессования, которая, благодаря специальному конструкторскому решению оправок, обеспечивает давление прессования в весьма широких пределах и может быть использована для изготовления изделий различной формы.

В настоящей работе осуществляется исследование прочности плоских образцов гетинакса в зависимости от давления прессования, получаемого при использовании технологии регулируемого термопрессования.

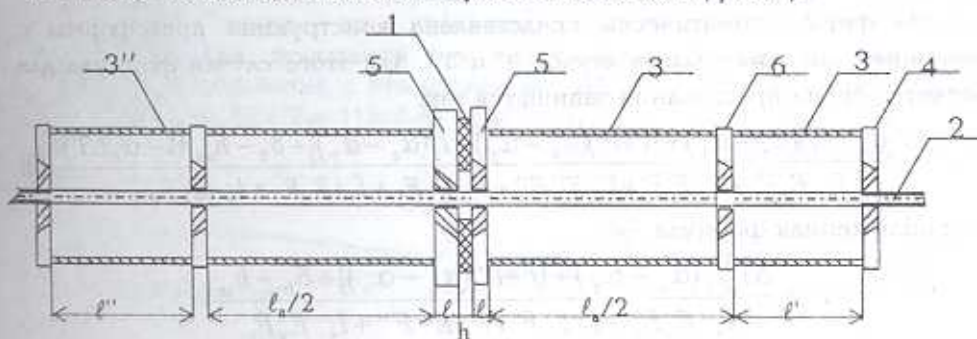
Гетинакс представляет собой листовой слоистый материал, изготовленный высокотемпературным прессованием бумаги, пропитанной полимерным связующим [4]. Для проведения исследований был исполь-

зован препрег из сульфатцеллюлозной бумаги (ГОСТ 25500-82).



Фиг.1

На фиг.1. схематически показана прессформа, разработанная и изготовленная в Институте механики. Прессуемый полуфабрикат 1 в виде лент препрега с размерами  $110 \div 35$  мм, состоящих из листов в количестве 52 штук, помещается между прессующими плитами 5 и 5', на которые упираются алюминиевые втулки 3 в результате завинчивания упорных гаек 4 на сплошной титановый стержень 2. В результате нагрева конструкции, вследствие того, что температурное расширение алюминия больше, чем у титана, очевидно, происходит сближение прессующих плит, обеспечивая прессование материала. Давление прессования может быть регулируемо путем изменения длин и материалов втулок 3 и стержня 2 или введением дополнительных втулок с шайбами 6 (фиг.2.).



Фиг.2

Ниже рассматривается расчет давления прессования полуфабриката при повышении температуры.

Положим, что при некоторой температуре  $T_0$  в результате завинчивания гаек 4 (фиг.1.) до упора расстояние между прессующими плитами составляет  $h_{заз}$  и напряжения в элементах системы пренебрежимо малы. Здесь мы имеем

$$l_a + l_5 + l'_5 + h_{заз} = l_T \quad (1)$$

После нагрева до некоторой температуры принимается, что расстояние между прессующими плитами равно толщине  $\delta_0$  уже изготовленного листа гетинакса. При этом будем иметь

$$l_a(1 + \alpha_a \Delta T) - Pl_a/E_a F_a + l_s(1 + \alpha_s \Delta T) + l'_s(1 + \alpha_c \Delta T) - Pl'_s/E_s F'_s - Pl_s/E_c F_s + \delta_0 = l_\tau(1 + \alpha_\tau \Delta T) + Pl_\tau/E_\tau F_\tau \quad (2)$$

где  $P$  — усилие прессования,  $\Delta T = T - T_0$ ,  $\alpha$ ,  $E$  и  $F$  — коэффициенты температурного расширения, модуль упругости и площадь поперечного сечения, соответственно, для алюминия, титана и стали, здесь учтено, что одна из прессующих пластин  $5'$  изготовлена из стали. При использовании (1) и (2) получим следующую формулу для расчета усилия прессования:

$$P = \frac{\Delta T [(l_a + l_s)(\alpha_a - \alpha_\tau) + l'_s(\alpha_c - \alpha_\tau)] + \delta_0 - h_{заз}(1 - \alpha_s \Delta T)}{l_a/E_a F_a + l_s/E_s F_s + l'_s/E_c F'_s + l_\tau/E_\tau F_\tau} \quad (3)$$

Пренебрегая толщинами прессующих элементов по отношению к длинам втулок, получим следующую приближенную формулу:

$$P = \frac{\Delta T (\alpha_a - \alpha_\tau) l_a + \delta_0 - h_{заз}}{l_a/E_a F_a + l_\tau/E_\tau F_\tau} \quad (4)$$

Давление же прессования определяется по формуле

$$q = \frac{P}{2S} \quad (5)$$

где  $S$  — площадь поверхности образца, по которой он прессуется. Здесь учтено, что прессованию подвергаются одновременно два образца.

На фиг.2. схематически представлена конструкция прессформы с введением дополнительных втулок  $3'$  и  $3''$ . Для этого случая формула для расчета усилия прессования запишется так:

$$P = \frac{\Delta T [(l_a + l_s)(\alpha_a - \alpha_\tau) + (l' + l'')(\alpha_b - \alpha_\tau) + l'_s(\alpha_c - \alpha_\tau)] + \delta_0 - h_{заз}(1 - \alpha_s \Delta T)}{l_a/E_a F_a + l'/E' F' + l''/E'' F'' + l_s/E_s F_s + l'_s/E_c F'_s + l_\tau/E_\tau F_\tau} \quad (6)$$

а приближенная формула —

$$P = \frac{\Delta T [l_a(\alpha_a - \alpha_\tau) + (l' + l'')(\alpha_b - \alpha_\tau)] + \delta_0 - h_{заз}}{l_a/E_a F_a + l'/E' F' + l''/E'' F'' + l_\tau/E_\tau F_\tau} \quad (7)$$

где  $F'$ ,  $F''$ ,  $E'$  и  $E''$  — площади сечений и модули упругости материалов дополнительных втулок, здесь

$$l_a + l_s + l'_s + l' + l'' + h_{заз} = l_\tau \quad (8)$$

Были изготовлены 3 серии опытных образцов. Образцы первой серии изготовлены на прессформе, согласно фиг.1, при следующих данных:



$$l_a = 60 \text{ см}, l_s = 2 \text{ см}, l'_s = 0,75 \text{ см}, h_{\text{заз}} = 0,4 \text{ см}, E_a = 0,7 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2,$$

$$E_c = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2, E_r = 1,08 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2, \alpha_a = 23 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}},$$

$$\alpha_c = 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}, \alpha_r = 8,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}, \Delta T = 150^\circ \text{C}, F_a = 1,44 \text{ см}^2,$$

$$F_r = 10,17 \text{ см}^2, F_s = F'_s = 9,58 \text{ см}^2.$$

При этом были получены образцы толщиной  $\delta = 0,35 \text{ см}$ . Образцы второй серии изготовлены на прессформе, согласно фиг.2 при следующих данных:  $l' = 5 \text{ см}, l'' = 18,5 \text{ см}, \alpha_b = 23 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}, F' = 2,69 \text{ см}^2, F'' = 7,95 \text{ см}^2$ .

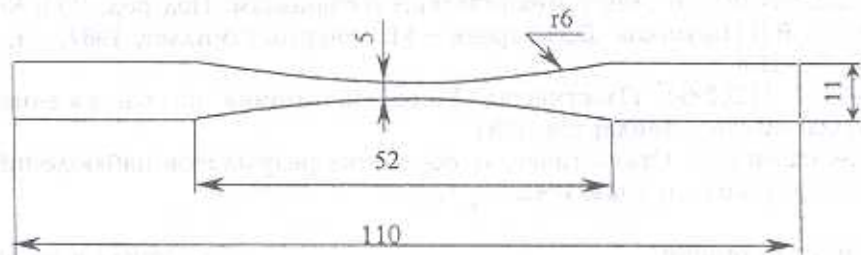
Остальные данные совпадают с данными, приведенными для 1 серии, при этом были получены образцы толщиной  $\delta = 0,30 \text{ см}$ . Образцы третьей серии изготовлены на прессформе, согласно фиг.2 при следующих данных:

$$l_a = 37 \text{ см}, l' = 28,5 \text{ см}, l'' = 17 \text{ см}, \alpha_n = 13 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{град}}, F' = F'' = 14,37 \text{ см}^2$$

Остальные данные совпадают с данными, приведенными для 1 серии, при этом были получены образцы толщиной  $\delta = 0,34 \text{ см}$ .

Кроме того, были изготовлены образцы по той же технологии, но практически без прессования (поверх полуфабрикатов при полимеризации была поставлена металлическая плита, обеспечивающая давление прессования  $\approx 0,015 \text{ кгс/см}^2$ ).

Образцы всех партий после полимеризации остывали вместе с выключенной печью во избежание внутренних температурных напряжений. Для испытаний на растяжение образцы подвергались механической обработке с приданием им формы двухсторонних лопаток ("восьмерок") по ГОСТ-у 11262-80 (фиг.3) [5].



Фиг.3

Испытания на растяжение осуществлялись на испытательной машине ZD 10/90 при скорости нагружения 5 мм/мин.

Результаты испытаний приведены в нижеследующей таблице:

Таблица

Серия	Расчетное давление прессования, кгс/см <sup>2</sup>	Удельный вес г/см <sup>3</sup>	Прочность при растяжении, кгс/см <sup>2</sup>	Модуль упругости, кгс/см <sup>2</sup>
1	18,68	1,2	1173,33±13,22	408,16
2	24,19	1,3	1361,11±149,97	476,19
3	50,82	1,27	1403,68±56,41	478,24
без пресс.	0,015	0,511	552,71±183,08	-

Экспериментальные значения прочности при растяжении даны с допусками с достоверностью 68,3%, то есть с этой вероятностью действительные значения прочности (математические ожидания) находятся в приведенных пределах [6].

Как можно заключить из данных таблицы, с увеличением давления прессования прочность композита увеличивается. При этом несколько увеличиваются и значения модулей упругости при растяжении.

Проведенные исследования позволяют заключить, что метод регулируемого термопрессования позволяет осуществлять прессование образцов при полимеризации, эффективно влияя на их прочность и деформационные свойства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартиросян М.М. Давление прессования и прочность углепластика// Научно-техн. сб.: сер.15,1984. Деп.№1416/1471.
2. Мартиросян М.М., Симонян А.М., Каграманян А.Н. Повышение прочностных и жесткостных свойств оболочек из ПКМ с применением технологии самопрессования//Тезисы докладов 5-ой межотраслевой научно-техн.конф. "Технология" и проблемы внедрения композиционных материалов в промышленность. Миасс,1984.
3. Симонян А.М., Валесян С.Ш. Конструкции оправок для регулируемого самопрессования композитов в процессе полимеризации//Изв.НАН Армении, сер.техн.н, 1999, №1, с.14-19.
4. Справочник по электротехническим материалам. Под ред. Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынков, Б.М.Тареев. - М.: Энергоатомиздат, 1987, т.1, 368с. (с.313-315)
5. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. М.: Издательство стандартов. 1981.
6. Леонтьев Н.А. Статистическая обработка результатов наблюдений. М.: Гослесбуиздат, 1952. 104с.

Институт механики  
НАН Армении

Поступила в редакцию  
21.08.2000