

Н. Е. САРКИСЯН

О ВЛИЯНИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА
УСТАЛОСТНЫЕ СВОЙСТВА НЕТКАНОГО
СТЕКЛОПЛАСТИКА

В настоящей работе исследовалось влияние предварительной термической обработки образцов на усталостные свойства (прочность, деформативность и разогрет) ортогонально равнопрочно армированного слоистого пластика типа СВМ при длительном пульсирующем растяжении вдоль направления стекловолокон.

Общая методика экспериментов описана в работах [1, 2]. Циклические испытания нетканого стеклопластика из эпокси-фенольном связующем проводились при соблюдении режима мягкого нагружения и частоте 1200 *цикл/мин*. Образцы для испытаний имели форму двухсторонней лопатки размерами $5 \times 15 \times 30$ мм, соответствующими толщине, ширине и длине рабочего участка образца. Радиус кривизны перехода к головкам образца составлял 50 мм.

Термическая обработка композита производилась по режиму, примерно соответствующему примененному в работе [3]. Воздушная среда нагревалась со скоростью ~ 2.0 *град/мин* до температуры 90°С, которая затем поддерживалась в течение часа. Дальнейший нагрев следовал при скорости ~ 1.0 *град/мин*. По достижении температуры среды в 150°С последняя сохранялась неизменной в течение одного часа. Затем происходило медленное остывание образцов вместе с термошкафом (скорость охлаждения $\sim 0.2-0.4$ *град/мин*). Указанный режим термообработки повторялся на следующий день с доведением максимальной температуры среды до 160°С.

Испытание термообработанных образцов производилось после трехдневного хранения их в обычной лабораторной среде.

Термическая обработка стеклопластика по описанному выше режиму не повлияла на вид графика зависимости деформаций от напряжения ($\varepsilon - \sigma$), характеризующийся двумя точками перелома диаграммы (двумя порогами трещинообразования), ранее [1] установленной для слоистого пластика СВМ 1:1.

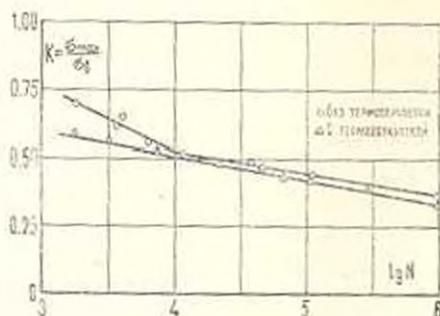
Изменение величины модуля упругости по участкам графика зависимости $\sigma - \varepsilon$ оказывается в пределах естественного разброса экспериментальных результатов и составляет в среднем 6.40% (модули упругости начального участка зависимости $\sigma - \varepsilon$ соответственно равны 2820 и 2960 *кгс/мм²*).

Напряжение, соответствующее нижнему порогу трещинообразования, практически не изменяется. Это имеет место, по-видимому, потому, что термическая обработка не может „снять“ исходной повреждаемости материала, степень которой как раз и влияет на положение нижнего порога трещинообразования [4]. Однако, термическая обработка существенно сказывается на величине напряжения, соответствующей верхнему порогу трещинообразования, которая при этом достигает 37.60 кгс/мм^2 , что на 19% выше, чем для стеклопластика, не подвергнутого термообработке [1]. Полученный результат логичен, так как термическая обработка („закалка“) полимерного композита должна способствовать завершению процесса полимеризации, который по каким-либо причинам не мог быть полностью завершен при промышленном изготовлении листов. Как это видно из данных приведенной здесь таблицы, повышается также и предел прочности пластика. Правда, повышение прочности оказывается незначительным (около 6%).

Таблица

Состояние композита	Предел прочности при статическом растяжении		Усталостная прочность на базе 10^6 циклов	Предельная деформация разрушения		Температура разогрева при разрушении $T_p, ^\circ\text{C}$
	$\sigma_{\text{ст}}, \text{кгс/мм}^2$	$\nu, \%$		$\sigma_{\text{уст}}, \text{кгс/мм}^2$	$\nu_p, \%$	
Без термообработки	43.10	7.52	16.10	1.20	4.20	88.0 ± 2.0
С термообработкой	45.80	6.53	15.70	1.15	13.00	77.0 ± 6.0

Влияние предварительной термической обработки на циклическую прочность нетканого стеклопластика типа СВАН при пульсирующем растяжении иллюстрируется кривыми, приведенными на фиг. 1. По



Фиг. 1

оси ординат отложены значения коэффициента усталостной прочности материала K , в данном случае равные отношению максимального на-

пряжения цикла к величине предела кратковременной прочности композита при статическом растяжении. Усталостные диаграммы построены по корреляционным уравнениям, вычисленным по статистическому методу малого числа измерений [5]. Точки на кривых соответствуют средним значениям из трех экспериментальных результатов.

Как это следует из фиг. 1, предварительная термообработка образцов мало влияет на циклическую прочность стеклопластика при отнуленном растяжении вдоль направления волокон. Однако, при этом коэффициент усталостной прочности K всегда выше для образцов, предварительно не подвергшихся тепловому воздействию. Это особенно заметно при малых циклах выносливости пластика ($N < 10^4$ циклов). Абсолютное значение циклической прочности также несколько выше для нетермообработанного стеклопластика (см. таблицу).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что между циклической и статической кратковременной прочностью нетканого стеклопластика не всегда имеет место непосредственная прямая зависимость [6, 7]. Термическая обработка, равно как и усиление степени ортогонального армирования стеклопластика в одном направлении, приводит к известному повышению предела кратковременной прочности. Однако, это сопровождается некоторым увеличением хрупкости материала. Последняя же играет заметную роль в снижении прочности материала при циклическом нагружении. Поэтому можно полагать, что снижение усталостной прочности из-за сравнительно большей склонности материала к повреждаемости препазирует над некоторым повышением статической прочности, полученным при термической обработке.

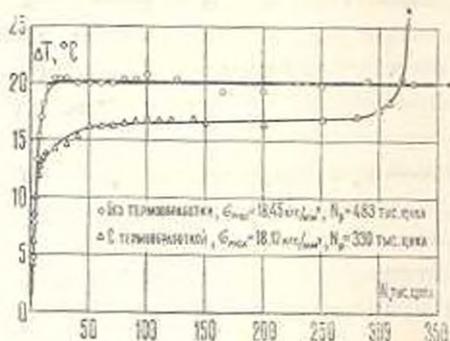
По-видимому, охрупчиванием материала следует объяснить и заметное высокое рассеяние характеристик стеклопластика по циклической деформативности и разогреву, наблюдавшееся в экспериментах (см. данные приведенной таблицы).

Предварительная термическая обработка нетканого стеклопластика незначительно влияет на кинетику циклической деформативности и разогрева. Рост деформаций цикла и температуры разогрева на поверхности образцов и зависимости от циклического напряжения и продолжительности нагружения происходит по кривым, располагающимся довольно близко к приведенным в работах [1, 2].

По-прежнему наблюдается постоянно критических значений деформации цикла и температуры разогрева (в частности, их предельных значений ϵ_p и T_p , соответствующих моменту разрушения) при испытаниях с различными уровнями циклического напряжения (выносливости композита).

Для иллюстрации сказанного выше на фиг. 2, в частности, показаны кривые разогрева $\Delta T - N$, соответствующие термообработанному образцу и образцу, предварительно не подвергнутому тепловому воздействию. Эти кривые свидетельствуют о малом влиянии предыстории

образцов (в данном случае термообработки) на разогрев стеклопластика. Разница в значениях температуры разогрева на основном (линейном) участке выполюности материала составляет лишь 2—5 С. Следует также отметить, что при циклическом нагружении термообработанный пластик нагревается заметно меньше, особенно на нелинейном участке кривой $\Delta T-N$, предшествующем разрушению. Средняя температура разогрева T_p при разрушении термообработанных образцов примерно на 12% ниже, чем для обычных образцов*.



Фиг. 2

Сравнительное снижение величин предельной деформации разрушения ε_p и температуры разогрева при разрушении T_p (см. таблицу), наблюдающееся при циклическом нагружении стеклопластика, предварительно подвергнутого температурным воздействиям, по-видимому, следует объяснить некоторым охрупчиванием материала, имеющим место при термической обработке полимерного композита.

Выводы. 1. Предварительная термическая обработка петканого стеклопластика типа СВМ по примененному режиму приводит к некоторому повышению прочности композита при статическом растяжении вдоль направления волокон. При этом особенно заметно увеличивается напряжение, соответствующее верхней точке перелома графика зависимости «напряжение — деформация» (исрхнему порогу трещинообразования) стекловолокнуистого материала.

2. Термическая обработка качественно не меняет кинетики циклической деформативности и разогрева. В количественном отношении она приводит к некоторому снижению циклической прочности и уменьшению критических величин деформации цикла и температуры разогрева (в частности, их предельных значений ε_p и T_p , соответствующих

* В табличных значениях T_p учтена также температура лабораторной среды; там же указаны среднеквадратические отклонения среднего значения T_p , вычисленные по всем экспериментальным результатам независимо от величины циклического напряжения, а также коэффициенты вариации v для предельной деформации ε_p и прочности σ_1 .

моменту разрушения), что можно объяснить охрупчиванием стекловолокнистого полимерного композита при термической обработке.

Институт механики
АН Армянской ССР

Поступила 28 X 1971

Ն. Ե. ՍԱՐԿԻՍԻԱՆ

ՉԳՈՐԾՎԱԾ ԱՊԼԱՆԻՊԼԱՍՏԻ ՀՈՐԵԱՄԱՅԻՆ, ՀԱՏԿՈՒՓՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ
ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԸՇԱԿՄԱՆ ԱՋԻԵՑՈՒՓՅՈՒՆ ԸՄԱՍԻՆ

Ս. մ փ ո փ ա լ մ

Ուսումնասիրվում է նմուշների նախնական ջերմային մշակման ազդեցությունը ՇՅԱՄ տիպի օրթոգոնալ նախասարամուր շերտավոր ապակեպլաստի ամրության, դեֆորմատիվության և ինքնատարացման վրա: Քննիչների ուղղությամբ երկարատև բաբախող ձգման պայմաններում:

Ցույց է արված, որ ջերմամշակումը որակապես չի փոխում ցիկլիկ դեֆորմատիվության և ինքնատարացման կինետիկան: Բանակական սուսումով այն բերում է ցիկլիկ ամրության որոշ փոքրացման և ցիկլի դեֆորմացիայի և ինքնատարացման ջերմաստիճանի կրիտիկական մեծությունների (մասնավորապես, քայքայման պահին համապատասխանող նրանց արժեքների) նվազման: Դա բացատրվում է ջերմամշակման պայմաններում պոլիմերային կոմպոզիտի փխրայնության որոշ բարձրացմամբ:

THE EFFECT OF THERMAL TREATMENT ON FATIGUE
PROPERTY OF NON-FABRIC FIBREGLASS PLASTICS

N. E. SARKISIAN

S u m m a r y

The effect of preliminary thermal treatment on the fatigue property (strength, deformation and heating) of samples of orthogonal unisymmetrically reinforced flaky plastics of „CBAM“ type under prolonged pulsating stretch along glass fibres is investigated.

The thermal treatment of the fibre-glass leads to no qualitative changes in kinetics of cyclic deformation and heating. Quantitatively, it causes some deterioration in cyclic strength and decrease in critical values of cyclic deformation and temperature of heating.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Саркисян Н. Е. Прочность и деформативность стеклопластиков типа ШВАМ при циклическом осевом нагружении. Изв. АН Арм.ССР, Механика, т. XXII, № 6, 1969.

2. Саркисян Н. Е. О влиянии анизотропии механических свойств стеклопластиков типа СВМ на разогрев при осевом циклическом нагружении. Изв. АН Арм.ССР, Механика, т. XXIII, № 2, 1970.
3. Рабинович А. Л., Штарков М. Г., Дмитриева Е. И. Методы определения и величина упругих постоянных стеклотекстолита при повышенной температуре. В кн.: Исследования по механике и прикладной математике. Труды Моск. физ.-техн. ин-та, вып. 1, 1958.
4. Кортек Х. Т. Разрушение армированных пластмасс. Изд-во Химия, М., 1967.
5. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Физматгиз, М., 1961.
6. Boller K. H. Resume of Fatigue Characteristics of Reinforced Plastic Laminates Subjected to Axial Loading. Fatigue an interdisciplinary approach. Proceedings of the 10th Sagamore Army Materials Research Conference. Syracuse University Press, 1964.
7. Саркисян Н. Е. Анизотропия усталостной прочности стеклопластиков типа СВМ. Изв. АН Арм.ССР, Механика, т. XXIV, № 2, 1971.