

УДК 539.4:620.178.3:678

ПРОЧНОСТЬ ОРГАНОПЛАСТИКА ПРИ СТАТИЧЕСКОМ И
 МАЛОЦИКЛОВОМ ИЗГИБЕ И МЕЖСЛОЙНОМ СДВИГЕ

ՏԱՐԿԻՅԱՆ Ն. Է.

Слоистые композитные материалы, в том числе органопластики, обладают низкой сдвиговой прочностью, что особенно проявляется в условиях поперечного изгиба и межслойного сдвига. Поэтому экспериментальное исследование механического поведения этих материалов при различных видах циклического нагружения, в частности, в условиях изгиба и сдвига, приобретает большой интерес [1]. Вместе с тем, литературных данных, достаточных для создания теории устойчивой прочности, учитывающей особенности разрушения волокнистых композитов, еще недостаточно [1, 2].

В настоящей работе исследовалась статическая и малоцикловая прочность однонаправленного органопластика при плоском изгибе и межслойном сдвиге. Композит был изготовлен на основе жгута из органических волокон и эпоксидного связующего.

Опыты ставились на испытательной машине статического растяжения ZD-10, которая была специально дооборудована в целях осуществления циклического нагружения. Общая методика испытаний и статистического анализа опытных данных приведена в работах [3, 4].

Испытания при изгибе проводились по схеме трехточечного изгиба, когда образец свободно опирается на две опоры, а изгибающая сосредоточенная сила прикладывается в середине пролета. При этом учитывались специфические требования, предъявляемые к испытаниям высокопрочных композитов на изгиб [5].

На изгиб испытывались прямоугольные призматические образцы, размерами 120×15×6 мм. Изгиб осуществлялся в плоскости наименьшей жесткости образца. Отношение длины пролета (расстояние между опорами) к толщине образца в основной серии испытаний принялось равной 16. Вместе с тем, в металлической части работы, изучалось влияние изменения этого соотношения на прочность композита при изгибе.

При испытаниях на межслойный сдвиг особое внимание уделялось обеспечению расчетного сечения, в котором действовали бы только касательные напряжения и разрушение проходило бы исключительно от межслойного сдвига. В данной работе испытания на межслойный сдвиг проводились при осевом растяжении образцов в виде полосу-

ки (размеры $300 \times 15 \times 6$ мм) с двумя прорезами, расположенными антисимметрично относительно поперечной плоскости симметрии образца. Испытывались две партии образцов, в которых глубина прореза принималась равной соответственно 3,0 и 3,3 мм. Ширина прореза образца и расстояние между ними в обоих случаях были соответственно 1,2 и 10,0 мм. Направление прореза перпендикулярно плоскости армирующих слоев композита. Таким образом, расчетное сечение образца находилось между прорезами, параллельно его оси, и совпадало со срединной плоскостью образца.

Во избежание изгиба, который возможен при растяжении образца с прорезами, образцы устанавливались в специальное приспособление (направляющее), препятствующее изгибу. Использование таких направляющих и выбор расстояния между прорезами не более 10 мм, для избежания изгиба образца и создания сравнительно равномерного распределения касательных напряжений по рабочему сечению, рекомендовано авторами [6].

Ниже обсуждаются экспериментальные данные, полученные в испытаниях органопластика на статический и малоцикловой плоский изгиб и межслойный сдвиг.

Среднее значение максимального нормального напряжения σ_{max} , принимаемого за предел прочности органопластика на кратковременный статический изгиб, составляет примерно 54С МПа, при коэффициенте вариации 5,9%. При этом во всех испытаниях разрушение образцов происходило от нормальных напряжений. Типичный пример такого вида разрушения иллюстрирован в [7].

Максимальное касательное напряжение при рассмотренной нами схеме изгиба было в пределах 15,7—17,6 МПа, что составляет около 3—4% от предела прочности на изгиб. В то же время, это значение напряжения τ_{max} существенно ниже, чем предел прочности данного органопластика на межслойный сдвиг.

Среднее значение прочности на межслойный сдвиг τ_0 однонаправленного органопластика, определенное по результатам испытания 20 образцов, составляет 20,6 МПа, при коэффициенте вариации 18,5% и показателе точности эксперимента 4,5%. Следует отметить, что прочность на межслойный сдвиг при глубине прореза 3,0 мм составляет 22,5 МПа, что несколько выше, чем прочность при глубине прореза 3,3 мм. Такое кажущееся увеличение прочности τ_0 может быть следствием того, что при надрезе образцов некоторые волокна рабочего сечения не были перерезаны. Это, кстати, обнаруживалось и по виду разрушения образца.

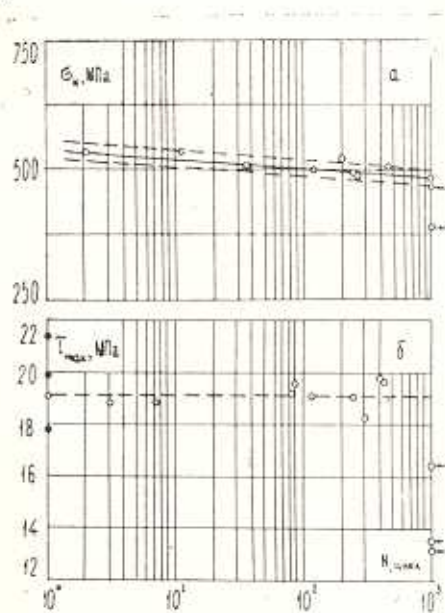
Статистический анализ экспериментальных данных показывает, что зависимость циклической долговечности от напряжения в полудогарифмической системе координат имеет линейный характер (фиг. 1).

Экстраполяция кривой усталости при изгибе, описываемой линейной регрессией

$$\sigma = 547,3 - 23,97 \lg N \quad (\text{МПа})$$

на долговечность $N=1$ цикл приводит к значению изгибающего напряжения σ_{max} , почти не отличающемуся от статического предела прочности этого материала $\sigma_{\text{ст}}$. Это свидетельствует о практически одинаковых механизмах разрушения органопластика при статическом кратковременном и пульсирующем малоцикловом изгибе.

На фиг. 1а показана диаграмма, характеризующая усталостную прочность органопластика при изгибе (коэффициент асимметрии цикла напряжений при изгибе и сдвиге $r = \frac{\sigma_{\text{min}}}{\sigma_{\text{max}}} = 0,05$). На графике штриховыми линиями показан доверительный интервал колебания средних значений циклической прочности и долговечности, соответствующий вероятности 95%. Полученные экспериментальные данные указывают на высокий уровень сопротивляемости органопластика изгибу. При максимальных напряжениях цикла, составляющих 0,97—0,88 часть предела прочности $\sigma_{\text{ст}}$, число циклов до разрушения составляет 10—1000.



Фиг. 1. Прочность органопластика при малоцикловом изгибе (а) и межслойном сдвиге (б), частота—1(а) и 3(б) цикл/мин.

На фиг. 1б показаны экспериментальные результаты, дающие определенное представление о прочности однонаправленного органопластика при малоцикловом межслойном сдвиге. На результатах усталостного испытания, несомненно, сказывается значительный разброс по прочности материала $\sigma_{\text{ст}}$, выявившийся уже при кратковременном статическом нагружении. По полученным экспериментальным данным трудно построить достоверную корреляционную зависимость $\sigma_{\text{max}} - \lg N$.

Тем не менее, на основании этих данных можно с достаточной надежностью заключить, что для однонаправленного органиопластика касательное напряжение, равное примерно $0,85-0,95 \tau_b$, является пределом прочности на межслойный сдвиг на базе 10^3-10^4 циклов. Можно также констатировать слабое снижение прочности межслойного сдвига по числу циклов до разрушения.

THE STRENGTH OF THE ORGANIC PLASTIC UNDER STATICAL AND LOW-CYCLE BENDING AND INTERLAYER SHEAR
N. E. SARKISIAN

ՕՐԳԱՆՈՊԼԱՍՏԻ ԱՐԲՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՄՏԱՏԻԿ ԵՎ ՄԱԿԱՎԱՅԻՎՈՒՅԻՆ ՄՈՄԱՆ ԵՎ ՄԻՋՆԵՐՏԱՅԻՆ ՍԱՀՔԻ ԳԵՊՔՈՒՄ

Ն. Ե. ՍԱՐԳԻՍԻԱՆ

Ուսումնասիրված է միաուղղված օրգանապլաստի ստատիկ և սահմանափակված ճնշմանը հարթ ծաման և միջշերտային սահքի դեպքում: Բերված են ամրության և բարձրաման ջիկլերի միջև կախվածության փորձնական կորեր:

ЛИТЕРАТУРА

1. Разрушение конструкций из композитных материалов. Под ред. В. П. Тамужа и В. Д. Протасова.—Рига: Зинатне, 1986, 264 с.
2. Перов В. В., Скудра А. М., Машинская Г. П., Булаев Ф. Я. Особенности разрушения органиопластиков и их влияние на прочность.—Механика композитных материалов, 1979, №2, с. 317—321.
3. Саркисян Н. Е. Анизотропия малоциклового усталостной прочности и деформативности стеклопластика при растяжении.—Механика полимеров, 1976, №3, с. 425—429.
4. Саркисян Н. Е. Анизотропия малоциклового усталостной прочности стеклопластика при сжатии.—Механика полимеров, 1978, №3, с. 458—461.
5. Тарнопольский Ю. М., Киндиг Т. Я. Методы статических испытаний армированных пластиков.—М.: Химия, 3-е изд., перераб., допол., 1981—272 с.
6. Menges G., Kleinholz R. Vergleich verschiedener Verfahren zum Bestimmen der interlaminaeren Scherfestigkeit.—Kunststoffe, bd. 59, 1969, № 12, s. 959—966.
7. Методы статических испытаний армированных пластиков. Под ред. Ю. М. Тарнопольского.—Рига: Зинатне, 1972, 228 с.

Երևանский политехнический институт
им. К. Маркса

30.V.1989

ԲՈՎԱՆԳԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Շարտյան Ա. Հ., Սահակյան Ս. Մ., Խալաթյան Հ. Պ.—Օղակային սեկտորի տեղ ունեցող շրջանայ սալի ծավալն խնդրի լուծման մեկ էզանակի մասին	3
Գալֆայան Պ. Հ., Ներսիսյան Գ. Գ.—Եզր զտրո եկող ուղղածից ունեցող ուղղանկյան համար առանցանկանության տեսության կենտրոնային խնդիր	13
Փայադյան Շ. Մ.—Բազմաշերտ շրջանային սղակի սեկտորի ոչ զծային սողորր սլո- ման ղեպքում	22
Գեանի Վ. Յ.—Ճկուն թաղանթների սեփական առատանումները	34
Դազարյան Կ. Բ.—Էլեկտրական հոսանքով սալ-շերտի մաշեխառնատանգական կայունու- թյան խնդրի մասին	39
Էլիանով Ս. Բ.—Փարամետրական սեղանածոի պայմաններում ալիստոզ կենտրոնի- ցիոն նյութից պատրաստված սպիտակ սալի նախադասը	45
Երսիկե Վ. Բ., Պոստալով Ա. Բ.—Ոչ զծային առանցական սիկրոլեոսային միջակայ- րներում մի բանի ալիքային երևույթների մասին	55
Սաբադյան Ն. Ն.—Օրգանապլաստի ամրությունը ստատիկ և սակավալցելիցային ծավալի և միջշերտային սալերի ղեպքում	61

СОДЕРЖАНИЕ

Баблоян А. А., Саакян С. М., Халатян А. П.—Об одном способе решения задачи изгиба ортотропной пластинки в виде кольцевого сектора	3
Галфаян П. О., Нерсисян Г. Г.—Контактная задача теории упругости для пря- моугольника с вертикальными разрезами, выходящими на границу	13
Поладян Ф. М.—Нелинейная полузадача многослойного сектора кругового коль- ца при кручении	22
Գույու В. П.—Собственные колебания гибких оболочек	31
Казарян К. Б.—К задаче магнитоупругой усталочивости пластинки-полосы с электрическим током	39
Միսխանով С. И.—Проектирование оптимальной пластинки из композиционного материала, работающей в условиях параметрического резонанса	48
Երոֆեև В. И., Սոխոլով А. И.—О некоторых нелинейных эффектах в изгибно- упругих микрополяридных средах	55
Տարկիսյան Н. Е.—Прочность органической пластинки при статическом и малоцикловом изгибе и межслойном сдвиге	61