

Н. Е. САРКИСЯН

АНИЗОТРОПИЯ СТАТИЧЕСКОЙ И ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАТИВНОСТИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ ТИПА СВАМ

Исследование анизотропии циклической деформативности стеклопластиков представляет несомненный практический интерес и необходимо для более полного выяснения поведения и разрушения материала в условиях длительного его нагружения. Между тем, по-видимому, имеются только отдельные данные [1] относительно изменения циклического модуля упругости тканевого стеклопластика при его плоском изгибе.

В настоящей работе исследовалась анизотропия циклической деформативности и разрушения стеклопластиков типа СВАМ при длительном осевом нагружении в режимах мягкого нагружения. Рассматривались следующие случаи осевой деформации: симметричное растяжение—сжатие, пульсирующее растяжение и сжатие.

§ 1. Методика экспериментов и анализ результатов статических испытаний

Испытаниям подвергались стеклопластики типа СВАМ на эпокси-фенольном связующем, имеющие укладку стекловолокон в двух взаимно-перпендикулярных направлениях 1:1 и 5:1. Образцы имели форму двухсторонней лопатки с размерами поперечного сечения 15×10 мм и длиной рабочего участка в 15 мм. Радиус перехода к головкам образца составлял 100 мм при вырезке образца вдоль осей упругой симметрии материала ($\varphi = 0^\circ$ и $\varphi = 90^\circ$)* и 50 мм при вырезке по промежуточным направлениям.

Циклическое нагружение образцов осуществлялось на гидропульсаторе ЦДМПу-10 при частоте 1200 *цикл./мин.* Испытания производились на базе 10^6 циклов. Анизотропия циклической деформативности стеклопластика СВАМ 1:1 исследовалась при четырех углах ориентации нагрузки: $\varphi = 0^\circ (= 90^\circ)$, $\varphi = 15^\circ (= 75^\circ)$, $\varphi = 30^\circ (= 60^\circ)$ и $\varphi = 45^\circ$.

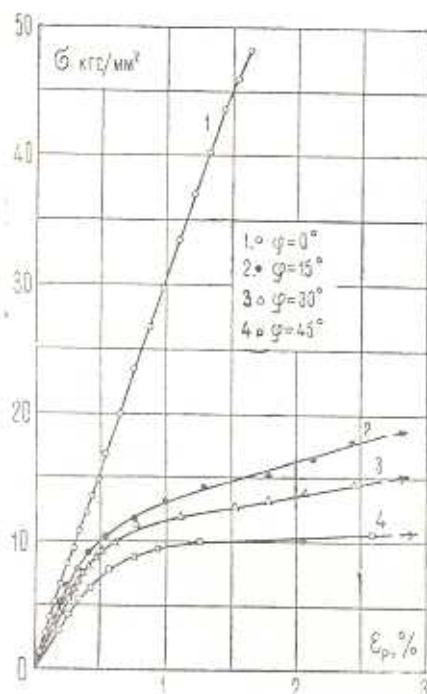
Коэффициент асимметрии цикла $r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$ имел следующие значения:

а) $r = -1$, симметричное растяжение—сжатие, б) $r = 0$, пульсирующее растяжение, в) $r = -\infty$, пульсирующее сжатие. Влияние укладки волокон на деформативность стеклопластика рассматривалось на примере СВАМ 5:1 при симметричном растяжении—сжатии вдоль осей упругой симметрии материала ($\varphi = 0^\circ$ и $\varphi = 90^\circ$) и в диагональном направлении ($\varphi = 45^\circ$).

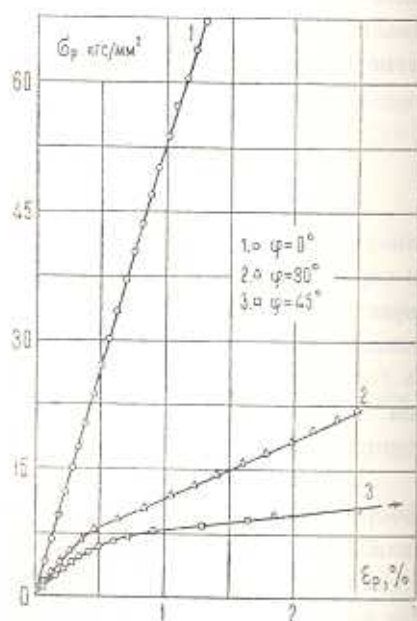
* Угол φ отсчитывается от направления наибольшей укладки волокон.

Измерение продольных деформаций в процессе циклического нагружения производилось по методике, описанной в [2]. В данной работе испытывались образцы с малой длиной рабочего участка и поэтому здесь использовалось устройство с упругим элементом, работающим по схеме балки на двух опорах, который дает сравнительно большой первичный сигнал деформации.

Статические деформативные характеристики стеклопластиков определялись по результатам испытаний 5 образцов. Испытания на растяжение проводились на машине ЦДМ-10, для сжатия использовалась ЦДМПу-10. Во всех случаях нагружение производилось вручную при скорости нагружения $10.5 - 12.6 \text{ кгс/мм}^2/\text{мин}$. Деформации измерялись с помощью проволочных тензодатчиков сопротивления по прибору АИД-1М. Статические деформативные характеристики стеклопластика при сжатии определялись до уровня напряжений, которые были значительно меньше критических, могущих вызвать продольный изгиб образца.



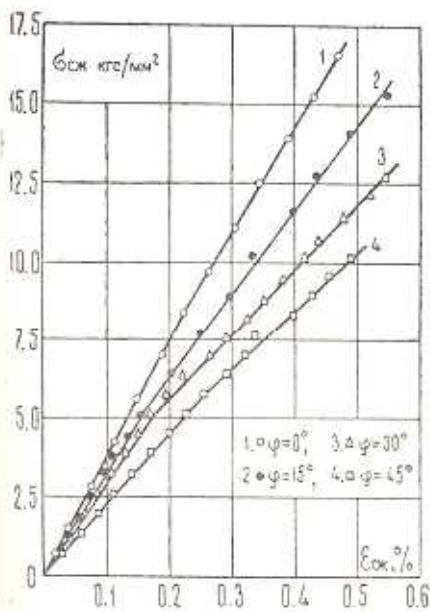
Фиг. 1. Зависимость $\sigma - \epsilon$ при статическом растяжении СВМ 1:1.



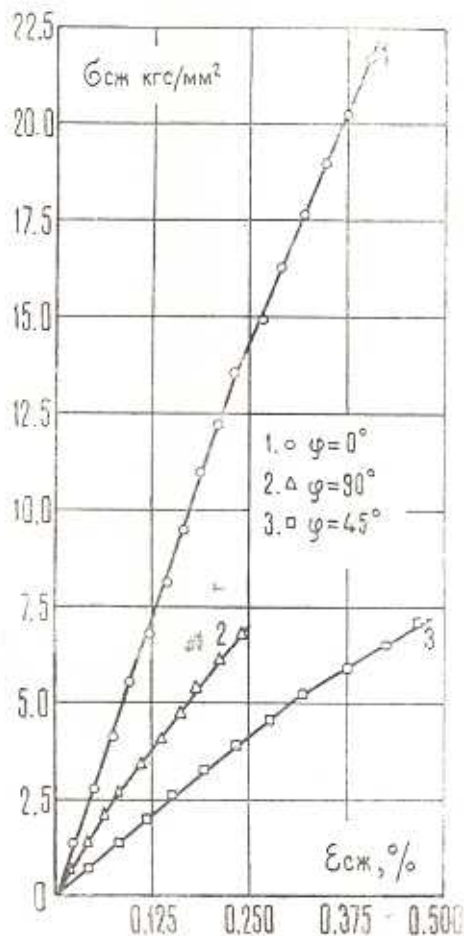
Фиг. 2. Зависимость $\sigma - \epsilon$ при статическом растяжении СВМ 5:1.

Как показывают экспериментальные результаты, график зависимости напряжение—деформация для произвольной анизотропии стеклопластика СВМ при статическом растяжении и сжатии имеет несколько линейных участков (фиг. 1—4). Точки перелома на графике зависимости $\sigma - \epsilon$ свидетельствуют о происходящем скачкообразном уменьшении модуля упругости при соответствующих значениях напряжений и являются „порогами“ трещинообразования в стеклопластике [3]. При

растяжении стеклопластика в направлениях волокон вплоть до разрушения наблюдаются три линейных участка (кроме СВАМ 5:1 при $\varphi = 0^\circ$, имеющего единственную и малозаметную точку перелома графика $\sigma - \varepsilon$). В случае растяжения СВАМ-а под углом к направлению волокон после второго (или третьего) небольшого линейного участка наблюдается существенно нелинейный рост деформаций, приводящий к разрушению материала.



Фиг. 3. Зависимость $\sigma - \varepsilon$ при статическом сжатии СВАМ 1:1.



Фиг. 4. Зависимость $\sigma - \varepsilon$ при статическом сжатии СВАМ 5:1.

Как это видно из графиков, приведенных на фиг. 1–4, при сжатии СВАМ под углом к направлению волокон нелинейность в зависимости $\sigma - \varepsilon$ выражена значительно слабее, чем при растяжении.

В табл. 1 приведены средние значения модуля упругости и предельной деформации начальных участков зависимости $\sigma - \varepsilon$ (нижних порогов трещинообразования), а также относительное удлинение об-

разцов δ при их разрыве растяжением. На втором участке диаграммы напряжение—деформация модуль упругости уменьшается на 10—30% в зависимости от угла φ .

Таблица 1

Ориентация образца φ , град	Растяжение			Сжатие	
	ε_{10}^* , %	E_1 , кгс/мм ²	δ , %	ε_{10}^* , %	E_1 , кгс/мм ²
Стеклопластик СВМ 1:1					
0	0.36	3530	1.64	0.22	3710
15	0.29	2770	~3.60	0.15	3530
30	0.24	2230	~4.50	0.19	2920
45	0.25	1730	~13.00	0.25	2220
Стеклопластик СВМ 5:1					
0	0.95	5220	1.31	0.25	5450
45	0.18	1510	~9.60	0.23	1720
90	0.23	1990	2.56	0.08*	3250*

* Известны средними из трех испытаний.

Данные табл. 1 свидетельствуют о наличии некоторой разномодульности при сопротивлении стеклопластика СВМ растяжению и сжатию. Она проявляется только в случаях действия внешней нагрузки под углом к основному направлению армирования. Для СВМ 1:1, например, модуль упругости на сжатие выше, чем при растяжении примерно на 30—40%. Однако, при действии нагрузки в направлении, параллельном волокнам ($\varphi = 0^\circ$), стеклопластики СВМ 1:1 и СВМ 5:1 имеют почти одинаковый модуль упругости на растяжение и сжатие и, следовательно, не обладают свойством разномодульности.

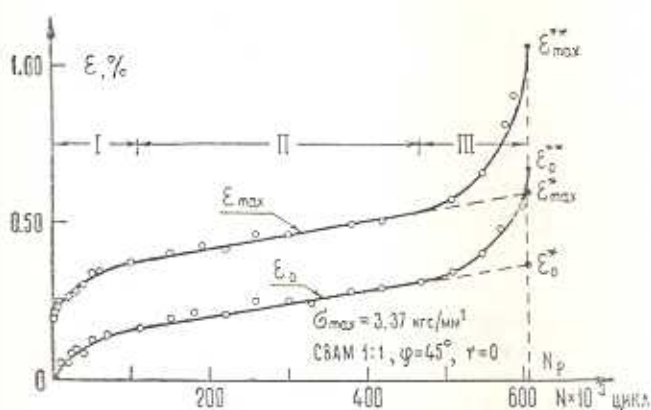
§ 2. Влияние анизотропии на циклическую деформативность и разрушение стеклопластика

Экспериментальное исследование влияния анизотропии на циклическую деформативность представляет определенную трудность, заключающуюся в том, что при испытаниях с одинаковым относительным уровнем напряжения* или при одинаковом значении ε_r^* циклического напряжения выносливость стеклопластика в зависимости от угла φ может отличаться на один-два порядка, приводя к качественному изменению в кинетике $\tau-N$. Последнее в свою очередь может сделать не-

* $\varepsilon_r^*/\varepsilon_0^* = \text{const}$, где ε_0^* — соответствующий предел прочности при статическом нагружении.

возможным проведение какого-либо эквивалентного сравнения. Ниже рассматривается влияние анизотропии на кинетику и величину циклических деформаций и виды излома образцов.

а) *Случаи пульсирующего растяжения и сжатия.* Принципиальной особенностью пульсирующих циклов нагружения является наличие среднего напряжения цикла $\sigma_{ср}$. Под воздействием напряжения $\sigma_{ср}$ в стеклопластике происходит накопление деформаций (виброползучесть) и поэтому к моменту времени, когда циклическое напряжение становится равным нулю, деформации не обращаются в нуль и во времени возникают и развиваются минимальные (по абсолютному значению) деформации ε_0 . Как показывает статистический анализ результатов в каждой серии испытаний, с уменьшением уровня циклического напряжения, то есть с увеличением длительности нагружения, минимальная деформация разрушения ε_0^* проявляет тенденцию к возрастанию.



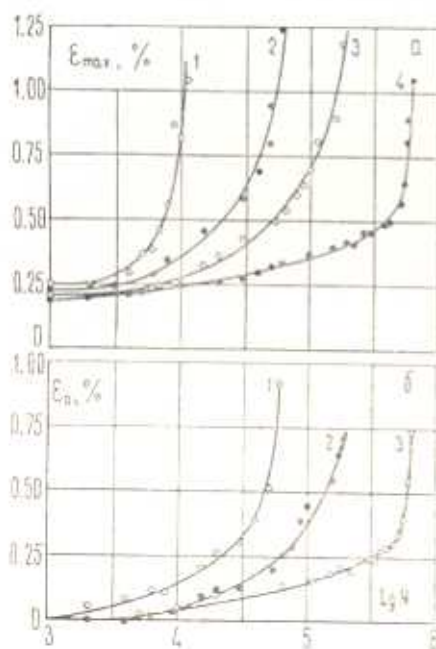
Фиг. 5. Характерная зависимость деформации от числа циклов нагружения.

На фиг. 5 приведена типичная кривая зависимости максимальных и минимальных деформаций цикла от длительности нагружения. График зависимости в общем случае состоит из трех участков. На первом, сравнительно небольшом участке, происходит нелинейно убывающий рост деформаций. Основным участком, определяющим выносливость материала, является второй. На этом участке деформации растут линейно с увеличением числа циклов нагружения. На последнем, третьем, участке снова происходит нелинейный рост деформаций, завершающийся разрушением образца.

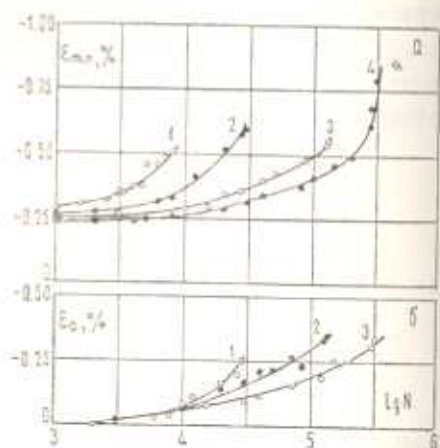
Относительная протяженность того или иного участка или даже наличие или отсутствие его зависит от величины циклического напряжения.

На фиг. 6а и 8 приведены кривые, характеризующие зависимость максимальных деформаций СВАМ 1:1 от логарифма числа циклов и величины максимального напряжения цикла. Из этих кривых видно, что с увеличением угла φ между плоскостью циклического деформи-

рования и направлением волокон возрастает доля накапливаемой деформации. Величина ее зависит также от асимметрии цикла, что видно из сравнения с кривыми на фиг. 7а и 9. Зависимость минимальных де-



Фиг. 6. Зависимость деформаций от напряжения и длительности нагружения для СВАМ 1:1 при $\varphi=45^\circ$, $r=0$. а. 1. $\sigma_{\max}=4.25$, 2. $\sigma_{\max}=3.92$, 3. $\sigma_{\max}=3.61$, 4. $\sigma_{\max}=3.37$ кгс/мм². б. 1. $\sigma_{\text{ср}}=1.96$, 2. $\sigma_{\text{ср}}=1.81$, 3. $\sigma_{\text{ср}}=1.69$ кгс/мм².



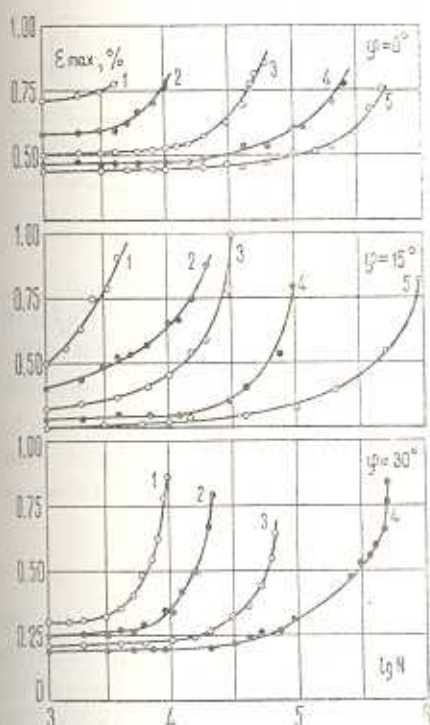
Фиг. 7. Зависимость деформации от напряжения и длительности нагружения для СВАМ 1:1 при $\varphi=45^\circ$, $r=-\infty$. а. 1. $\sigma_{\min}=-6.36$, 2. $\sigma_{\min}=-5.82$, 3. $\sigma_{\min}=-5.47$, 4. $\sigma_{\min}=-5.20$ кгс/мм². б. 1. $\sigma_{\text{ср}}=-2.91$, 2. $\sigma_{\text{ср}}=-2.74$, 3. $\sigma_{\text{ср}}=-2.60$ кгс/мм².

формаций ε_0 от величины напряжения и числа циклов нагружения для случаев $r=0$ и $r=-\infty$ иллюстрируется на примере стеклопластика СВАМ 1:1 при $\varphi=45^\circ$ (фиг. 6б и 7б).

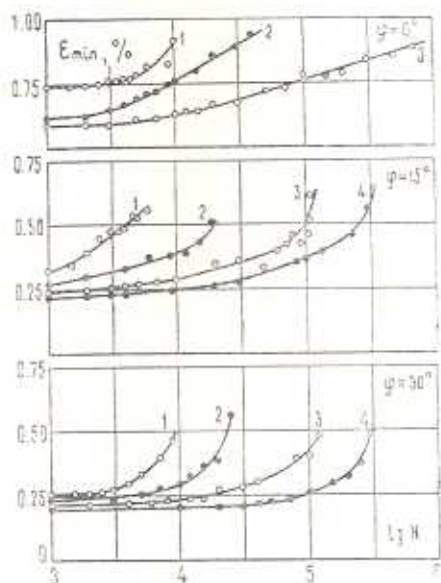
б) *Случай симметричного растяжения-сжатия.* В условиях отсутствия среднего напряжения рост деформаций в процессе циклического нагружения происходит только вследствие снижения модуля упругости. Кинетика явления в общем соответствует приведенной выше трехчастковой схеме зависимости $\varepsilon_{\max}-N$ (см. фиг. 5). Особенностью является сравнительно большее влияние, которое оказывает анизотропия на рост деформаций.

При циклическом деформировании стеклопластика по основным направлениям армирования проявление начального и конечного участков кривой ε_n-N незначительно. Рост деформаций на основном участке выносливости происходит со сравнительно малой скоростью, а для стеклопластика СВАМ 5:1 в направлении наибольшей укладки

волокон вообще отсутствует рост деформаций, что свидетельствует о неизменяемости циклического модуля упругости в этом случае вплоть до момента разрушения. Как это можно заключить из кривых, приведенных на фиг. 10 и 11, совершенно иное явление имеет место при симметричном растяжении—сжатии стеклопластика в направлениях, составляющих с волокнами некоторый угол. В этих случаях, почти с самого начала циклического нагружения, происходит разупрочнение стеклопластика. Внешним проявлением этого может служить и то обстоятельство, что корректировка амплитудного значения нагрузки цикла при этом во время испытания производится в сторону его увеличения. Указанная особенность в большой мере наблюдается при испытании стеклопластика СВМ 5:1 при $\varphi = 45^\circ$.



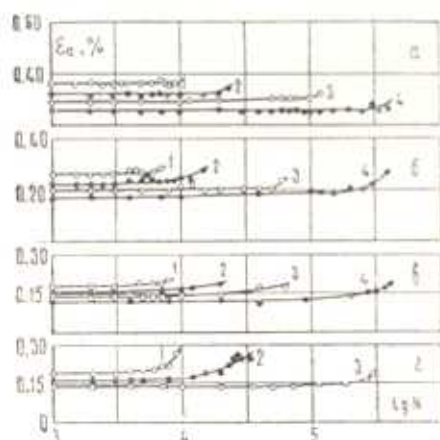
Фиг. 8. Влияние анизотропии на циклическую деформативность СВМ 1:1 при $r=0$. $\varphi=0^\circ$: 1. $\sigma_{\max} = 22.26$, 2. $\sigma_{\max} = 18.21$, 3. $\sigma_{\max} = 15.66$, 4. $\sigma_{\max} = 14.87$, 5. $\sigma_{\max} = 14.10$. $\varphi=15^\circ$: 1. $\sigma_{\max} = 9.02$, 2. $\sigma_{\max} = 8.00$, 3. $\sigma_{\max} = 6.94$, 4. $\sigma_{\max} = 6.25$, 5. $\sigma_{\max} = 5.63$ кгс/мм². $\varphi=30^\circ$: 1. $\sigma_{\max} = 6.30$, 2. $\sigma_{\max} = 5.53$, 3. $\sigma_{\max} = 4.51$, 4. $\sigma_{\max} = 4.13$ кгс/мм².



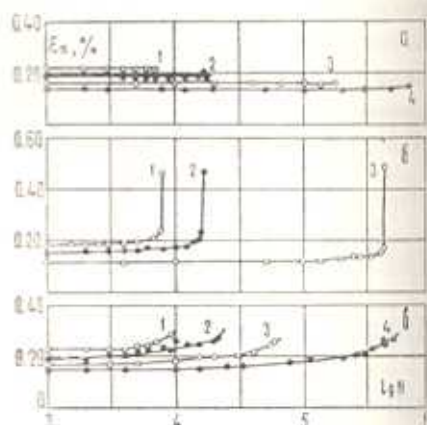
Фиг. 9. Влияние анизотропии на циклическую деформативность СВМ 1:1 при $r=-\infty$. $\varphi=0^\circ$: 1. $\sigma_{\min} = -22.15$, 2. $\sigma_{\min} = -19.35$, 3. $\sigma_{\min} = -18.70$ кгс/мм². $\varphi=15^\circ$: 1. $\sigma_{\min} = -12.58$, 2. $\sigma_{\min} = -10.41$, 3. $\sigma_{\min} = -9.03$, 4. $\sigma_{\min} = -8.82$ кгс/мм². $\varphi=30^\circ$: 1. $\sigma_{\min} = -7.24$, 2. $\sigma_{\min} = -6.70$, 3. $\sigma_{\min} = -6.32$, 4. $\sigma_{\min} = -6.06$ кгс/мм².

в) *Виды изломов.* Анизотропия механических свойств сказывается и на видах излома образцов. При действии нагрузки вдоль направления большего количества волокон стеклопластик СВМ 5:1 разру-

шается хрупко. Поверхность излома перпендикулярна к направлению нормального напряжения и на ней хорошо видны два различных по характеру участка разрушения. Большая часть, занимающая до 2/3 площади сечения, покрыта порошкообразной массой и разрушение по ней происходит вследствие развития микротрещин. На меньшей части поверхности излома не видны следы длительного процесса разрушения,



Фиг. 10. Зависимость $\varepsilon_0 - \lg N$ от анизотропии и напряжения для СВАМ 1:1 при $r = -1$. в. $\varphi = 0^\circ$: 1. $\sigma_a = 11.56$, 2. $\sigma_a = 10.17$, 3. $\sigma_a = 9.42$, 4. $\sigma_a = 8.66 \text{ кгс/мм}^2$, б. $\varphi = 15^\circ$: 1. $\sigma_a = 5.72$, 2. $\sigma_a = 4.97$, 3. $\sigma_a = 4.33$, 4. $\sigma_a = 3.92 \text{ кгс/мм}^2$, в. $\varphi = 30^\circ$: 1. $\sigma_a = 4.00$, 2. $\sigma_a = 3.54$, 3. $\sigma_a = 3.25$, 4. $\sigma_a = 2.73 \text{ кгс/мм}^2$, г. $\varphi = 45^\circ$: 1. $\sigma_a = 3.23$, 2. $\sigma_a = 2.94$, 3. $\sigma_a = 2.48 \text{ кгс/мм}^2$.



Фиг. 11. Влияние анизотропии на циклическую деформативность СВАМ 5:1 при $r = -1$. а. $\varphi = 0^\circ$: 1. $\sigma_a = 11.54$, 2. $\sigma_a = 10.14$: 3. $\sigma_a = 8.33$, 4. $\sigma_a = 7.45 \text{ кгс/мм}^2$, б. $\varphi = 45^\circ$: 1. $\sigma_a = 2.69$, 2. $\sigma_a = 2.24$, 3. $\sigma_a = 1.72 \text{ кгс/мм}^2$, в. $\varphi = 90^\circ$: 1. $\sigma_a = 4.69$, 2. $\sigma_a = 4.07$, 3. $\sigma_a = 3.35$, 4. $\sigma_a = 2.95 \text{ кгс/мм}^2$.

что свидетельствует о внезапном хрупком разрыве образца. Разрушение стеклопластика СВАМ 5:1 в направлении $\varphi = 90^\circ$ можно отнести к квазихрупкому. Плоскость излома в этом случае ориентирована под углом $\sim 45^\circ$ к направлению продольной оси образца, а разрушение происходит по границам волокон, расположенных в направлении усиленного армирования ($\varphi = 0^\circ$). Как указывалось выше, при циклическом деформировании стеклопластика в диагональном по отношению к волокнам направлении разупрочнение материала начинается с самого начала нагружения. В этом случае микротрещины возникают и развиваются по всей поверхности шейки образца, свидетельством чего служит побеление этой части. Излом оказывается зубчатым, идущим по границам волокон в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

Стеклопластик СВАМ 1:1, независимо от асимметрии цикла, в случаях деформирования в направлениях $\varphi = 0^\circ$ также разрушается хрупко. Поверхность излома примерно перпендикулярна к продольной оси образца и по сравнению с СВАМ 5:1 менее ровная. Заметны

следы длительного разрушения и некоторого расслоения материала. Расслоение более заметно в случае пульсирующего сжатия. При пульсирующем растяжении под углом к направлению волокон излому предшествует образование значительной шейки. В этих случаях границы излома проходят по направлениям волокон.



Фиг. 12. Виды усталостных изломов.

В качестве иллюстрации на фиг. 9 приведены фотографии излома образцов при симметричном растяжении—сжатии СВМ 1:1, $\varphi = 0^\circ$ (фиг. 12а), СВМ 5:1, $\varphi = 45^\circ$ (фиг. 12б) и вид излома сбоку для СВМ 5:1 при $\varphi = 90^\circ$ (фиг. 12в).

§ 3. Условия разрушения стеклопластика при длительном циклическом нагружении

В работе [4] установлено, что разрушение стеклопластиков на тканевой основе наступает тогда, когда величина циклической деформации достигает значения, соответствующего точке перелома на кривой зависимости напряжение—деформация, полученной при статическом нагружении. При пульсирующем растяжении вдоль направления волокон разрушение нетканых стеклопластиков типа СВМ наступает, когда максимальное значение циклической деформации [2] приравнивается величине деформации, соответствующей второй точке перелома кривой $\sigma - \varepsilon$ статического растяжения. Условие это, как и в работе [4], соблюдается независимо от величины циклического напряжения и с удовлетворительной точностью.

За основу величины характерной деформации, по достижении которой наступает разрушение, можно принять значения, отмеченные на фиг. 5 двумя звездочками, или те, которые соответствуют точке пересечения продолжения линейного участка кривой $\varepsilon - N$ с вертикалью числа циклов разрушения N_p . На фиг. 5 эти деформации обозначены одной звездочкой.

Деформации ε^{*0} соответствуют моменту времени, когда происходит фактическое разрушение образца. К сожалению, надежное их определение затруднено рядом обстоятельств (например, практическая невозможность фотографирования всего процесса деформирования при длительном нагружении, трудность точного поддержания заданного режима нагружения в условиях, близких к разрушению, и др.). Деформации ε^* также могут быть приняты за критические, так как при достижении их материал уже работает в стадии интенсивного развития повреждаемости, ведущего к окончательному разрушению образца. Они меньше „истинных“ деформаций разрушения, но зато точнее определяются.

В табл. 2 приведены средние* значения критических деформаций разрушения ε^* и ε_c^* для всех 15 серий испытаний. Указаны пределы колебания средних значений, равные среднеквадратическому отклонению статистического ряда измерений каждой серии. Для случаев симметричного растяжения—сжатия даются значения деформаций, соответствующие первой точке перелома на графике зависимости $\sigma = \varepsilon$ статического растяжения (в скобках—для сжатия), а в случаях пульсирующих циклов нагружения—деформации второй точки перелома кривой $\sigma = \varepsilon$ при соответствующем статическом нагружении.

Следует указать на имеющий место довольно маленький разброс критических значений деформаций ε^* при пульсирующем растяжении и сжатии стеклопластика в направлении волокон ($\varphi = 0^\circ$). Коэффициент вариации средних значений ε^* в этих случаях составляет соответственно 4.7% и 3.8%. Для всех других асимметрий γ и в зависимости от угла φ рассеяние критических деформаций ε^* характеризуется коэффициентом вариации, составляющим примерно 12—16%. Это не выходит за рамки допустимого 5%-го показателя точности эксперимента, которая, как известно, определяется отношением коэффициента вариации к корню квадратному из числа испытаний. Однако, следует подчеркнуть одну особенность, заключающуюся в том, что, в отличие от других случаев, сравнительно больший разброс получается при симметричном растяжении—сжатии стеклопластиков в направлениях армирования ($\varphi = 0^\circ$) и, что важнее, в указанных выше пределах колебания от среднего значения наблюдается заметная положительная корреляция между циклическими напряжениями и соответствующими деформациями ε^* . Это видно также из фиг. 10а и 11а. Коэффициент корреляции, например, для СВМ 1:1 при $\varphi = 0^\circ$ составляет 0.890, в то время как при $\varphi = 45^\circ$ —всего 0.195.

Как показывают данные, приведенные в табл. 2, интенсивное разрушение стеклопластиков типа СВМ наступает при достижении экстремальных значений деформаций (амплитудной, максимальной или минимальной в зависимости от асимметрии цикла) определенного

* Соответствуют испытаниям примерно 20 образцов.

критического значения ε^* . Деформация ε^* в пределах указанного выше разброса не зависит от величины циклического напряжения, но обусловлена свойством анизотропии и асимметрией r . При циклическом деформировании в направлении под углом к армированию величина ε^* мало зависит от анизотропии механических свойств. Указанное имеет место также и при симметричном растяжении—сжатии СВМ 5:1 в направлениях армирования и диагонального направления.

Таблица 2

Ориентация образца φ , град	Коэффициент асимметрии циклического напряжения r	Деформации порогов трещинообразования, %	Критические значения циклических деформаций	
			ε^* , 0/0	ε_0^* , 0/0
Стеклопластик СВМ 1:1				
0	-1	0.20(0.22)	0.36±0.05	—
15	-1	0.29(0.15)	0.26±0.01	—
30	-1	0.24(0.19)	0.19±0.04	—
45	-1	0.25(0.25)	0.23±0.04	—
0	0	1.44	0.86±0.04	0.10±0.05
15	0	0.42	0.74±0.11	0.28±0.11
30	0	0.47	0.77±0.13	0.34±0.10
45	0	0.37	0.78±0.16	0.42±0.13
0	-∞	—	-0.90±0.03	-0.25±0.05
15	-∞	0.35	-0.52±0.05	-0.20±0.03
30	-∞	0.39	-0.53±0.05	-0.22±0.04
45	-∞	0.49	-0.54±0.08	-0.20±0.10
Стеклопластик СВМ 5:1				
0	-1	0.95(0.25)	0.21±0.03	—
45	-1	0.18(0.23)	0.20±0.03	—
90	-1	0.23(0.08)	0.24±0.03	—

Из анализа экспериментальных данных (табл. 2) можно заключить, что между критической деформацией ε^* и деформациями точек перелома графика $\sigma-\varepsilon$ при статическом нагружении не всегда имеет место зависимость, установленная в работе [4]. Это может быть следствием того, что в настоящей работе статические кривые $\sigma-\varepsilon$ были получены при нормальных условиях среды без учета температуры, которой достигает материал в условиях циклического разогрева.

Выводы. 1. Диаграмма зависимости напряжение—деформация для произвольной анизотропии стеклопластиков типа СВАМ при статическом растяжении и сжатии включает несколько линейных участков. Точки перелома зависимости $\sigma - \varepsilon$ характеризуют статическую деформативность стеклопластика с точки зрения имеющейся в нем исходной повреждаемости и повреждаемости, приобретаемой в процессе нахождения под нагрузкой.

2. Разрушение стеклопластиков типа СВАМ при циклическом нагружении происходит при достижении деформаций своего критического значения ε^* . Величина ε^* определяется свойством анизотропии стеклопластика, видом осевой деформации и не зависит от циклического напряжения.

3. Стеклопластики типа СВАМ при их деформировании в направлениях волокон имеют одинаковый модуль упругости на растяжение и сжатие. Разномодульность проявляется лишь в случаях деформирования в направлениях, составляющих с волокнами некоторый угол, и несколько сильнее выражается при циклическом нагружении.

*Институт математики и механики
АН Армянской ССР*

Поступила 23 XI 1970

Ե. Ե. ՍԱՐԿԻՅԱՆ

ՏՎԱՄ ՏԻՊԻ ԱՊԱԿԵՊԼԱՍՏԻԿԻ ՍՏԱՏԻԿ ԵՎ ՑԻԿԼԻԿ
ԳԵՆՈՐՄԱՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԱՆԵԶՈՏՐՈՊԻԱՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Ապակեպլաստների ստատիկական ձգման և սեղմման լարում-դեֆորմացիա կապի գրաֆիկների վրա նկատվում են բեկման կետեր: Թելերի ուղղությամբ ձգման և սեղմման դեպքերում կոմպոզիտները ունեն առաձգականության միևնույն մոդուլը: Տարամոդուլայնայինը գրանորվում է, երբ ուժի ուղղությունը թելերի հետ կազմում է որոշ անկյուն:

Յուրջ է արված, որ ցիկլիկ բեռնավորման ընթացքում ապակեպլաստների բաշխումը տեղի է ունենում, երբ դեֆորմացիան համառոտ է իր կրիտիկական արժեքին: Վերջինս բնորոշվում է համապատասխան ստատիկական բեռնավորման պայմաններում կոմպոզիտի հատկություններով և կախված չէ ցիկլիկ լարումից:

ANISOTROPY OF STATIC AND CYCLIC DEFORMATIONS
IN FIBREGLASS REINFORCED PLASTICS OF
THE „СВАМ“ TYPE

N. E. SARKISIAN

S u m m a r y

On the graphs of stress-strain relation for fibreglass reinforced plastics with static extension and compression breaks are observed. The materials in the direction of fibres have identical modulus of elasticity for extension and compression. The difference in modulus is noted only in the case of deformation in the directions forming a certain angle with the fibres.

It is shown that with cyclic loading the destruction of fibreglass reinforced plastics occurs when deformation reaches its critical value. The latter is determined by the characteristics of the material with corresponding static loading and is independent of cyclic loading.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Берштейн В. А., Гликман Л. А. Методика испытания стеклопластиков на устойчивость при чистом изгибе плоских образцов с заданным моментом. Заводская лаборатория, т. 29, № 7, 1963.
2. Саркисян Н. Е. Прочность и деформативность стеклопластиков типа СВМ при циклическом осевом нагружении. Изв. АН Арм. ССР, Механика, т. XXII, № 6, 1969.
3. Кортен Х. Т. Разрушение армированных пластиков. Изд-во Химия, М., 1967.
4. Олдырев П. П. Исследование деформативных свойств, рассеяния энергии и разрушения жестких полимерных материалов при длительном циклическом нагружении. Автореферат канд. дис., Рига, 1968.