

ПРОЧНОСТЬ СТЕКЛА ПРИ ПЛОСКОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Д. Е. ВЯЗУН, Э. М. МИХАЙЛОВСКИЙ

(Представлена научным семинаром кафедры сопротивления материалов)

Стекло является тем классическим хрупким материалом, на эксперименте с которым создавались, обосновывались и проверялись как физические, так и феноменологические теории прочности. Если к настоящему времени имеется достаточное количество опытов, выявляющих влияние различных факторов на прочность стекла при линейном напряженном состоянии, то прочности его при плоском напряженном состоянии посвящена одна работа [1]. Однако описанный в этой работе эксперимент не доведен до конца в области смешанного напряженного состояния, где вследствие недостаточной мощности установки не реализовано большое количество соотношений главных напряжений, близких к одноосному сжатию. В связи с этим возникла необходимость постановки подробного и полного эксперимента, восполняющего имеющийся пробел и позволяющего провести анализ соответствия опыту теорий, предлагаемых для хрупких материалов.

Для испытания использовались трубчатые образцы из стекла С90-1, длиной 120 мм и наружным диаметром 19,2 мм при толщине стенки 1,2 мм.

Плоское напряженное состояние осуществлялось путем нагружения трубок одновременно внутренним гидростатическим давлением и осевой нагрузкой растяжения или сжатия на универсальной машине ЦДМУ-30.

При испытании на одноосное и двухосное растяжение применялось специальное разъемное приспособление, позволявшее избежать разрушения образца при установке в захваты и помогающее центрированию осевой нагрузки. Только тщательное соблюдение технологии подготовки образцов к испытанию [1] и внимательная работа на машине двух операторов позволили получить достаточно надежные результаты. Сначала были получены результаты по прочности стекла на одноосные напряженные состояния: осевое растяжение, осевое сжатие и окружное растяжение. Полученные результаты обрабатывались статистически.

Проведенные испытания при линейном напряженном состоянии позволили:

- 1) установить изотропность испытуемого стекла при окружном и осевом растяжении;
- 2) определить коэффициент, учитывающий неодинаковость сопротивления стекла одноосным растяжению и сжатию;

Таблица 1

Результаты испытания стекла С90-1 при плоском напряженном состоянии

$\sigma_1, \text{кг/мм}^2$	0	5,06	0	4,92	3,55	2,63	1,23	5,06	5,09	5,02	5,18	5,00	4,61	3,85	2,76
$\sigma_2, \text{кг/мм}^2$	5,17	0	-44,2	4,76	5,29	5,29	5,03	-5,07	-9,97	-15,63	-20,02	-29,72	-37,12	-38,43	40,70
n	32	10	16	10	11	10	10	7	8	7	9	8	9	9	8
ξ	2,5	4,3	6	3	8	9	6	5	4	5	5	3,5	3	4	3

3) составить программу напряженных состояний, охватывающих всю зону смешанного напряженного состояния.

Кроме того, с помощью проволочных датчиков сопротивления были получены диаграммы растяжения и сжатия стекла, а также модули нормальной упругости и коэффициенты Пуассона при указанных испытаниях. После этого было реализовано плоское напряженное состояние при различных соотношениях главных напряжений.

В табл. I приведены результаты испытания стекла, где

n — количество образцов, испытанных при каждом соотношении главных напряжений;

ξ — коэффициент точности определения среднего арифметического значения прочности [3];

σ_1 и σ_2 — среднеарифметические значения главных напряжений, подсчитанные по известным формулам для тонкостенных трубок [4].

На рис. 1 показаны теоретические контуры, построенные по различным теориям прочности: 1 — по теории наибольших нормальных напряжений; 2 — по упрощенному критерию Мора; 3 — по обобщенной на хрупкие материалы теории наибольших деформаций [2]; 4 — по теории Миролубова и 5 — по критерию Баландина. Точками нанесены среднеарифметические значения главных напряжений.

Анализируя построенные контуры, необходимо отметить:

1) в области двухосного растяжения наилучшее соответствие опыту дают первая, вторая теории и критерий Мора; теории Миролубова и Баландина занижают на 40÷50% расчетные значения;

2) в области смешанного напряженного состояния также хорошее соответствие дают первая и вторая теории; критерии Мора и Миролубова занижают, а критерий Баландина существенно завышает расчетные значения;

3) для соотношений главных напряжений, близких к одноосному сжатию, расхождение наблюдается как по первой, так и по второй теории прочности, причем большую ошибку дает первая теория прочности.

Рис. 1. Контуры прочности для стекла по различным теориям: 1 — наибольших нормальных напряжений; 2 — упрощенному критерию Мора; 3 — обобщенной наибольших деформаций; 4 — по Миролубову; 5 — по Баландину; $\circ$ — опыт

На основе проведенного анализа указанных квадрантов плоского напряженного состояния стекла можно считать, что лучшее соответствие опыту дает теория наибольших удлинений, обобщенная на хрупкие материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Давиденков, А. Н. Ставрогин. О критерии прочности при хрупком разрушении и плоском напряженном состоянии. Изв. АН СССР, ОТН, № 8, 1954.
2. Л. М. Седоков. Пределы применения основных теорий прочности при плоском напряженном состоянии хрупких материалов. Вестник машиностроения, № 10, 1969.
3. А. М. Длин. Математическая статистика в технике. Советская наука, М., 1958.
4. С. Д. Пономарев и др. Расчеты на прочность в машиностроении. Машгиз, т. 1, М., 1956.