

Член-корреспондент АН СССР Б. В. ДЕРЯГИН,
А. Б. ПАПЛАУСКАС, В. А. РЯБОВ, Н. И. СЕМЕНОВ

УПРОЧНЕНИЕ СТЕКЛА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Известно (¹⁻³), что поверхностные дефекты материалов, особенно трещины, являются концентраторами приложенных механических напряжений.

Любой образец стекла имеет дефекты, средняя объемная плотность которых, если не скачком, то весьма быстро, возрастает от некоторой постоянной величины до максимальной в его поверхностном слое. Поверхностные дефекты по своей структуре, величине и глубине внедрения могут сильно отличаться от дефектов в толще стекла вследствие соприкосновения стекла со средой, в которой оно находилось. Так как поверхность в первую очередь подвергается различным агрессивным воздействиям, плотность дефектов на поверхности значительно выше, чем в толще стекла.

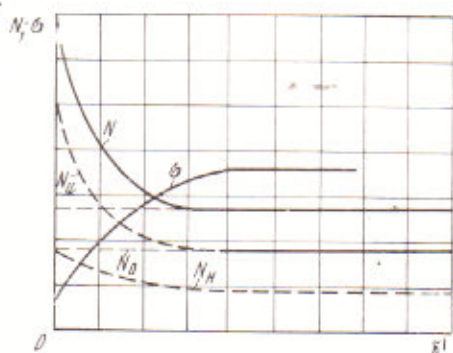


Рис. 1. Принципиальная схема зависимостей плотности распределения исходных (N_0), объемных (N_0), наносимых (N_H) дефектов и их суммы (N) и прочности (σ) от толщины снимаемого поверхностного слоя стекла

При сьеме поверхностного слоя, независимо от способа сьема, по различным причинам не исключена вероятность нанесения новых дополнительных дефектов и поэтому кривая зависимости распределения плотности дефектов от толщины сьема будет выражать суммарную плотность существующих объемных и наносимых

дефектов. Эта суммарная плотность дефектов в течение сьема будет асимптотически приближаться к некоторой постоянной величине. На рис. 1 показана принципиальная схема зависимостей плотности распределения дефектов и прочности от толщины сьема поверхностного слоя δ . Очевидно, прочность стекла при сьеме поверхностного слоя находится в прямой зависимости от суммарной плотности распределения дефектов. С увеличением толщины сьема поверхностная плотность дефектов падает, прочность, соответственно, растет и достигает максимального значения при постоянной суммарной плотности дефектов. Если плотность наносимых дефектов выше исходной, то стекло после такой обработки будет разрушаться.

Было показано (⁴), что при обработке стекла в гидротермальных динамических условиях происходит сьем его поверхностного слоя, величина которого зависит от скорости и температуры потока воды. В соответствии с изложенным естественно было предположить, что и прочность стекла должна при этом претерпевать изменения. Экспериментальные данные показали, что она возрастает и не зависит от скорости обтекания, когда последняя превышает 2 м/сек, хотя и заметна тенденция к увеличению прочности с уменьшением скорости обтекания. Влияние температуры на прочность учитывалось путем отдельного рассмотрения прочности образцов стекла с гладкой и светорассеивающей поверхностью. Предполагалось

отсутствие этого влияния при одинаковом характере поверхности стекла.

Таким образом, с большой степенью достоверности можно утверждать, что прочность стекла с гладкой и светорассеивающей поверхностью является однозначной функцией толщины снятого поверхностного дефектного слоя. Исключение составляют образцы стекла с налетом, полученные после обработки водяным потоком со скоростью обтекания меньше 1 м/сек.

Опытные данные обработаны в виде зависимости приведенной прочности стекла $\sigma' = \sigma / \sigma_0$ от δ' , где $\sigma_0 = 14,3 \text{ кг/мм}^2$ — наиболее вероятная исходная прочность. На рис. 2 приведены эти зависимости для стекла с

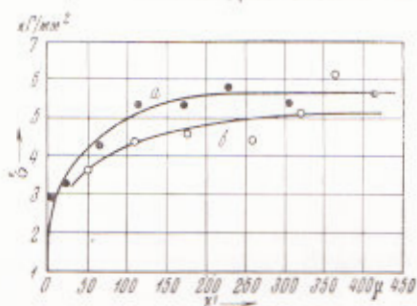


Рис. 2. Зависимость приведенной прочности от толщины съема для стекла с гладкой (а) и светорассеивающей (б) поверхностью

гладкой и со светорассеивающей поверхностью. Максимальные приведенные прочности составляют соответственно 5,68 и 5,18 и достигаются при толщине съема примерно равном 200 м. Зависимость $\sigma'(\delta')$ для образцов с налетом приведена на рис. 3. Средняя максимальная прочность в этом случае составляет 135 кг/мм^2 и достигается при съеме около 75 м. На рисунке показаны отклонения отдельных ее значений от среднего значения, а в двух случаях и распределение образцов по прочностям.

Таким образом, взаимодействие поверхности стекла с водяным потоком приводит не только к растворению поверхности стекла, но и к резкому его упрочнению. Из рис. 2 видно, что при определенных условиях можно получить упрочнение в 5—6 раз с сохранением оптических свойств стекла и стекло со светорассеивающей поверхностью с одновременным упрочнением в 4—5 раз. Если оптические свойства стекла не имеют значения, степень упрочнения можно довести до 10 раз (рис. 3).

Вышесказанное справедливо пока мы рассматриваем только дефекты стекла, причем не обязательно трещины, и отвлекаемся от других факторов. Известно (2), например, что поверхность стекла в контакте с водой меняет свой состав. Изменение состава стекла на определенную глубину от поверхности оказывает влияние на величину его прочности. Кроме того, прочность зависит не только от явно присутствующих дефектов, но и от характера микрорельефа поверхности, а при определенных условиях и от продолжительности обработки. Микрорельеф поверхности может иметь весьма разнообразную структуру, которая в основном определяется величиной шероховатости отдельных участков. Каждому подобному методу обработки и даже его продолжительности свойственна определенная структура микрорельефа стекла. Поэтому, строго говоря, прочность не является

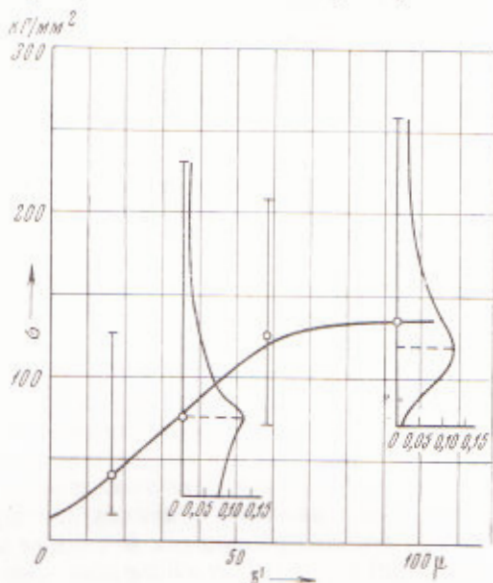


Рис. 3. Зависимость прочности от толщины съема для образцов стекла, покрытых налетом

функцией только величины съема поверхностного слоя, а зависит от параметров микрорельефа поверхности. Какова эта зависимость покажет электронномикроскопическое исследование поверхности стекла. Зависимость $\sigma(\delta')$ для каждого метода съема различна и отражает тот или иной процесс видоизменения поверхностного слоя стекла.

Институт физической химии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
15 IX 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ C. E. Inglis, Trans. Inst. Naval Archit., London, **55** (1913). ² A. A. Griffith, Phil. Trans. Roy. Soc. London, A, **221** (1920—1921). ³ А. Ф. Иоффе, М. В. Кирпичева, М. А. Левитская, ЖРФХО, **56**, 5—6 (1924). ⁴ Б. В. Дерягин, А. Б. Паулаускас, В. А. Рябов, Н. И. Семенов, ДАН, **191**, № 6 (1970). ⁵ Z. Borsay, G. Bouquet, S. Dobos, Phys. and Chem. Glasses, **9**, 2 (1968).