

УДК 535.5 + 621.658.011 : 620.1

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТАХ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ

И. М. КУХАРЕНКО, И. С. САВИЦКИЙ

Научный руководитель А. В. ХОМЧЕНКО, д-р физ.-мат. наук, доц.
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Остаточные напряжения – одна из важнейших характеристик изделий из стекла с точки зрения их прочности. В течение десятилетий оптическая поляриметрия была наиболее широко используемым методом контроля качества в стекольной промышленности. Напряжения в стеклянных изделиях осесимметричной формы в большинстве случаев определяют таким образом. Однако некоторые изделия имеют несимметричную форму. Определение трехмерных полей напряжений в целом в этих изделиях требует применения сложных методов, которые в тонкостенных объектах обычно малоэффективны. Известно применение интегральной оптической поляриметрии для определения напряжений в несимметричных контейнерах, но такой подход не обеспечивает высокой точности при контроле трехмерных объектов малых размеров. Более того, известно, что методы оптической поляриметрии нельзя применять для измерения малых значений механических напряжений. Приведены результаты исследований по разработке и созданию установки поляризационной интерферометрии для измерения напряжений в таких объектах, используемых в качестве терморазрывных чувствительных элементов системы пожаротушения.

Для исследования распределения технологических механических напряжений в объеме малых трехмерных объектов создана установка, представленная на рис. 1. Использование цифрового фоторегистрирующего устройства, разработанного программного продукта для дискретного сканирования изображения в выбранном сечении объекта позволяет получать распределение напряжений в объеме контролируемого объекта (рис. 2).



Рис. 1. Установка для контроля распределения напряжений в изделии из стекла

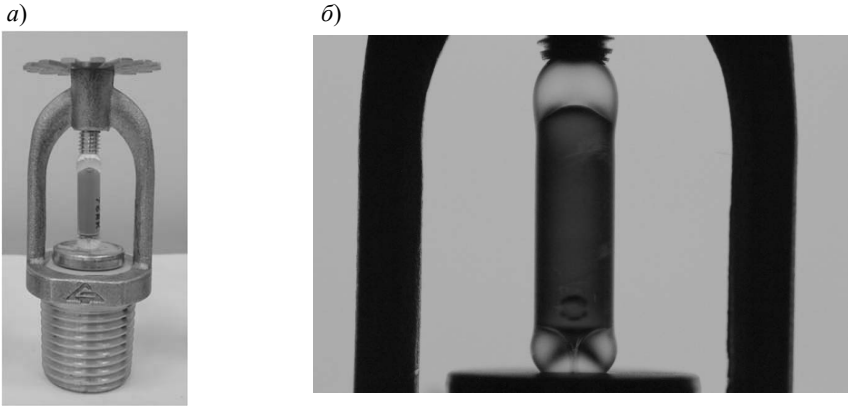


Рис. 2. Изображение (а) и иллюстрация распределения напряжений в объеме терморазрывного чувствительного элемента (б)

Принципиальная схема установки, реализующей данный метод измерения разности фаз анизотропных материалов, представлена на рис. 3. В качестве источника света использован ЖК-монитор с люминесцентной подсветкой (1), свет от которого, пройдя через рассеиватель (2) и поляризатор (3), становится поляризованным. При прохождении через исследуемый образец (4) его состояние поляризации изменяется, что регистрируется анализатором (5), скрещенным с поляризатором, и фоторегистрирующим устройством (6).

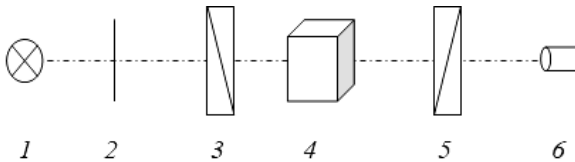


Рис. 3. Оптическая схема установки

Исследованы возможности метода для определения малых значений механических напряжений в стеклянных колбах диаметром 3 мм, основанного на регистрации и обработке изображений контролируемого объекта в поляризованном свете. Поляризационно-оптические измерения возникающего двулучепреломления позволяют оценить величину и распределение этих напряжений. Программное обеспечение обеспечивает анализ изображений объекта в поляризованном свете и возможность определения в соответствии с предложенным алгоритмом величину механических напряжений. При наличии напряжений коэффициент пропускания в каждой отдельной точке образца связан с величиной механических напряжений. Измеряя распределение интенсивности

света, можно анализировать (рис. 4) и оценивать величину механических напряжений.

Установка обеспечивает контроль распределения и оценку величины остаточных механических напряжений в терморазрывном чувствительном элементе.



Рис. 4. Анализ поляризационных интерферограмм

Величина механических напряжений оценена также независимым методом с использованием динамометрического ключа с предустановкой крутящего момента (рис. 5); погрешность установки составляла 6 %.

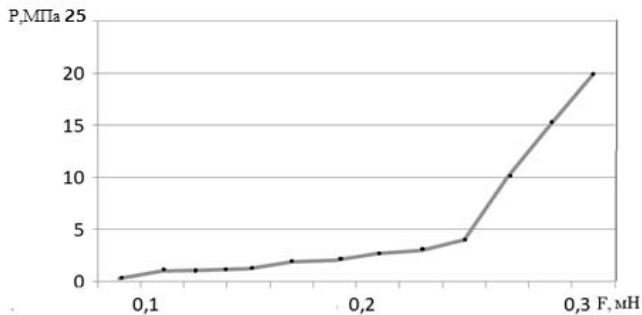


Рис. 5. Зависимость механических напряжений в колбе от приложенной нагрузки

Таким образом, показана возможность определения малых значений механических напряжений в стеклянных контейнерах диаметром 3 мм; наименьшее значение регистрируемых напряжений составило 0,1 МПа.