Обмен опытом

Exchange of Experience

DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-5-41-44

УДК (UDC) 621.798.147

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕЩИН В МАТЕРИАЛАХ С МАЛОЙ
ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ****© Борис Яковлевич Мокрицкий¹, Татьяна Ивановна Усова¹, Татьяна Борисовна Ершова², Елена Борисовна Мокрицкая³**¹ Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, г. Комсомольск-на-Амуре, Россия; e-mail: boris@knastu.ru² Институт материаловедения Хабаровского научного центра Дальневосточного отделения РАН, г. Хабаровск, Россия; e-mail: ershova@im.febras.net³ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия; e-mail: mokritskayae@mail.ru*Статья поступила 18 октября 2017 г.*

Представлены результаты применения видеоизмерительных машин для обнаружения и измерения дефектов типа микротрещин в материалах (полимерах, кварцевых и органических стеклах) авиационного назначения, характеризующихся низкой отражательной способностью. Обнаружение микротрещин в таких материалах затруднено, но необходимо, так как наличие дефектов может послужить причиной аварии воздушного судна. Установлены пороговые (критические) значения дефектов, которые могут быть выявлены с помощью видеоизмерительных машин (например, минимальные длины обнаруживаемых трещин) и использованы в качестве параметра для бракования изделий. При проведении исследований использовали методику провоцирования дефектов на образцах материалов методом индентирования. Дефекты анализировали традиционными (ультразвук и др.) и вновь предложенными способами, эффективность которых повышали такими приемами, как контрастирование и др.

Ключевые слова: микротрещины; обнаружение; измерение.**RESULTS OF USING VIDEO MEASURING MACHINES
IN THE STUDY OF CRACKS IN THE MATERIALS HAVING A LOW REFLECTANCE****© Boris Ya. Mokritskii¹, Tatyana I. Usova¹,
Tatyana B. Ershova², Elena B. Mokritskaya³**¹ Komsomolsk-na-Amure State University, Komsomolsk-na-Amure, Russia; e-mail: boris@knastu.ru² Institute of Materials of Khabarovsk Scientific Centre, Far Eastern Branch of the RAS, Khabarovsk, Russia; e-mail: ershova@im.febras.net³ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia; e-mail: mokritskayae@mail.ru*Submitted October 18, 2017.*

The feasibility of using video measuring machines for detection and measurement of the defects such as microcracks in the materials (polymers, quartz and organic glasses) of aviation duty is considered. As the aforementioned materials are characterized by low reflectance detection of the microcracks in them is problematic but rather important task because the microcracks present can cause an accident or wandering defect. Threshold (critical) values of the defects which can be revealed by means of such machines of two different models are determined, e.g., the minimal length of the detectable cracks, which can be used as a parameter of the product rejection. Because of the prohibition of carrying out the studies on the real objects we used a technique of provoking defects by indentation. The results of using classical methods (ultrasound, etc.) and data on the defect detection by the developed procedure were compared. The informativeness of the developed methods was increased using the developed techniques, e.g., by contrasting of the microcracks.

Keywords: microcracks; detection; measurement.

В последнее время (особенно в машиностроении) применяют материалы с низкой отражательной способностью (полимерные, кварцевые и органические стекла и др.). При этом проблема обнаружения и измерения дефектов типа микротрещин в таких материалах стоит очень остро. Традиционное оборудование и технологии, используемые в научных исследованиях и на производстве (микроскопы, работающие по принципу отражения или пропускания светового потока, и др.), не гарантируют удовлетворительного результата [1].

Цель работы — исследование дефектов (микротрещин) в материалах, имеющих низкую отражательную способность, с помощью видеоизмерительных машин.

Исследовали образцы из таких материалов с низкой отражательной способностью, как ситалл, стекло, органическое стекло, полихлорвинил. Формирование дефектов осуществляли индентированием по методам Роквелла, Бринеля и Викерса. В качестве индентора использовали стандартный алмазный конус (при микроиндентировании — алмазную пирамидку) или металличе-

ский шарик. Уровень нагрузки определяли микротвердометром ПМТ-3 [2, 3].

В табл. 1 и на рис. 1 показаны результаты индентирования образцов полихлорвинила (марка ПХВ, метод Роквелла, индентор — стандартный алмазный конус, угол при вершине 136°) и стекла (индентор — металлический шарик).

Видно, что в случае полихлорвинила (см. табл. 1) нагрузка менее 588 Н не приводит к образованию микротрещин, которые можно обнаружить при увеличении $\times 24$; при нагрузке более 1500 Н образец разрушается. Вместе с тем характер дефекта существенным образом отличается от дефектов, полученных при индентировании стекла (см. рис. 1).

Дефекты измеряли с помощью видеоизмерительных машин моделей Micro-Vu Sol 161 (США) (рис. 2) и MarVision MM 320 (Германия) по ряду параметров: длине самой протяженной и наиболее короткой трещины; площади (при виде сверху) и максимальной глубине дефекта и др. При измерениях применяли методику простановки реперных точек (рис. 3).

Таблица 1. Фотографии дефектов при разных условиях нагружения

Нагрузка, Н	Оптическое увеличение		
	$\times 24$	$\times 36$	$\times 72$
1471
980,6
588,3

Рис. 1. Примеры дефектов в образцах стекла, применяемого для остекления кабины летательного аппарата (а) и в авиа-приборах (б)

Рис. 2. Видеоизмерительная машина модели Micro-Vu Sol 161 (а) и зона ее предметного стола (б)

Таблица 2. Результаты измерения отрезков по реперным точкам, мм

Отрезок	Видеоизмерительная машина	
	Micro-Vu Sol 161	MarVision MM 320
AB	4,19	4,10
CD	5,75	5,67
EF	3,01	3,07
GH	2,19	2,26

В табл. 2 приведены длины отрезков по реперным точкам (см. рис. 2), измеренные с помощью видеоизмерительных машин без какого-либо воздействия на дефект.

Видно, что результаты в целом сопоставимы (разница во втором знаке после запятой, что для машиностроительных изделий допустимо). С ростом длины трещины различия в результатах измерения возрастают. Минимальный размер микротрещины, обнаруживаемый машиной

Рис. 3. Пример дефекта с реперными точками (показаны буквами)

Micro-Vu Sol 161, составляет 0,01, а MarVision MM 320 — 0,015 мм.

Рис. 4. Контрастирование дефекта с применением освещения ультрафиолетовым и белым (матовым) светом (а) и красной люминесцентной жидкости (б)

Возможности машин для обнаружения и измерения дефектов можно расширить, обеспечив, например, возможность поворота (проворота) образца по отношению к световому потоку. Это повышает отражательную способность стенок трещины. Если положение образца менять (поворачивать его по отношению к вертикальному световому потоку), то возрастает вероятность отражения светового потока от плоскости трещины и, соответственно, обнаружения дефекта.

Другой способ расширения возможностей видеоизмерительных машин — применение контрастирующего освещения (наиболее эффективно для прозрачных материалов) и контрастных жидкостей или газов. На рис. 4 приведены примеры контрастирования дефекта с помощью ультрафиолетового и белого освещения и красной люминесцентной жидкости.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в отличие от малоэффективных традиционных (ультразвуковых) способов обнаружения дефектов (микротрещин) в изделиях, выполненных из материалов с низкой отра-

жательной способностью, применение видеоизмерительных машин (мультисенсорных систем) возможно и эффективно. Размер определяемых с их помощью микротрещин составляет 0,01 – 0,015 мм. При этом возможности машин могут быть расширены, например, способом контрастирования дефекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солнцев С. С., Морозов Е. М. Разрушение стекла. Изд. 2-е, испр. — М.: ЛКИ, 2008. — 149 с.
2. Фрактографические методы изучения процессов разрушения ситаллов / Химия и технология стекла и ситаллов: сб. науч. тр. / ГИС. — М., 1984. С. 80 – 87.
3. ГОСТ Р 54494–2011. Дефекты стекла и изделий из него. — М.: Стандартиформ, 2012.

REFERENCES

1. Solntsev S. S., Morozov E. M. Breakage of glass. 2nd Edition. — Moscow: LKI, 2008. — 149 p. [in Russian].
2. Fractographic method of studying fracture of ceramics / Chemistry and Technology of Glass and Ceramics: a collection of scientific papers / GIS. — Moscow, 1984. P. 80 – 87 [in Russian].
3. RF State Standard GOST R 54494–2011. Defects in glass and its articles. — Moscow: Standartinform, 2012 [in Russian].