

ДЕФЕКТОСКОПИЯ КЛЕЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ЛАЗЕРНО-ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

© 2009 Н.И. Лаптев¹, В.И. Мордасов¹, А.Д. Сторож², Н.Е. Гребнев², Д.Н. Гребнев²

¹ НИИ проблем конверсии и высоких технологий
Самарского государственного технического университета
² ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс»

Поступила в редакцию 18.11.2009

В работе показано, что для выявления дефектов многослойных сотовых крупногабаритных оболочек эффективно использовать способы лазерной вибродиагностики. Наличие дефекта в виде непрочности отражается распределением интенсивности излучения вытянутой формы. Погрешность способа существенно увеличивается с уменьшением длины пробега лазерного луча, величины амплитуды колебания внешнего слоя оболочки и величины разрешения телекамеры.

Ключевые слова: многослойные сотовые конструкции, дефекты, лазерная вибродиагностика

Создание оборудования и методик для достоверного выявления дефектов поверхности и внутренней структуры элементов конструкций – важнейшее направление для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик прогнозирования работоспособности. Использование лазерных измерительных систем для выявления поверхностных дефектов позволяет повысить увеличить гарантируемый срок работы с регламентируемой безопасностью эксплуатируемых изделий, а также значительно снизить себестоимость диагностики [1, 2]. Их преимущества – бесконтактность, высокая информативность, быстрое действие, возможность работы в реальном масштабе времени. При выявлении дефектов внутренней структуры материалов изделий используются различные методы – исследование тепловых потоков, распространяющихся в образце при нагреве лазерным источником излучения, исследование акустической эмиссии дефектов на «просвет» и так далее. Но при обнаружении дефектов конструкции, имеющих большие габаритные размеры, все эти методы трудно реализуются. Поэтому используют методы лазерной вибродиагностики, которая позволяет не только обнаружить дефекты, но и более детально их исследовать [3, 4].

При построении систем контроля непрочности многослойных сотовых оболочек

Лаптев Николай Илларионович, доктор технических наук, профессор, директор. E-mail: postman@sstu.samara.ru
Мордасов Василий Иванович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

Сторож Александр Дмитриевич, заместитель генерального конструктора. E-mail: storogh.ad@gmail.com

Гребнев Николай Егорович, главный конструктор. E-mail: mail@progress.samara.ru

Гребнев Дмитрий Николаевич, заместитель главного конструктора. E-mail: mail@progress.samara.ru

крупногабаритных изделий сложной формы применяется лазерно-виброакустический способ дефектоскопии. Система выявления внутренних повреждений многослойных клееных конструкций в виде непрочности состоит из источника лазерного излучения и приемника излучения, телекамеры, оптоволоконного кабеля, которое изолирует лазерное излучение от обслуживающего персонала и дает возможность передачи излучения от стационарного источника на большие расстояния без фокусировки. В данной схеме используются вибраторы колебаний (их частота колебаний близка к звуковой): один с наружной стороны исследуемой поверхности в зоне установки отражающего зеркала, второй с внутренней стороны, обеспечивающий колебания всех участков конструкции. В процессе диагностики регистрируется интерференционное изображение отраженного сигнала с кольцевой структурой, имеющее максимум интенсивности излучения в центре. При отсутствии дефекта характерно изображение в виде концентрических окружностей с кольцами равной толщины. При наличии дефекта в виде непрочности интерференционная картина отраженного сигнала принимает вытянутую форму или имеются смещения и разрывы интерференционных полос, а также смещение максимума интенсивности.

Используемый метод диагностики характеризуется рядом преимуществ по сравнению с традиционными: является бесконтактным; в установке используется оптоволоконный кабель, позволяющий передавать лазерное излучение на расстояние до сотен метров и защищать персонал от лазерного излучения; возможность получения обобщенного сигнала, аналогичного сигналам от нескольких независимых датчиков;

автоматизированная регистрация и обработка изображения осуществляется с помощью персонального компьютера; возможность проведения диагностики в реальном масштабе времени (регистрация изображения в течение 1-2 сек). На рис. 1 приведена схема испытательного

стенда. Используется лазер ЛГН 224-1 мощностью излучения 8 мВт с расходимостью светового потока 0,05 рад, длиной волны излучения 0,56 мкм. Для передачи излучения в рабочую зону применяется оптоволоконно.

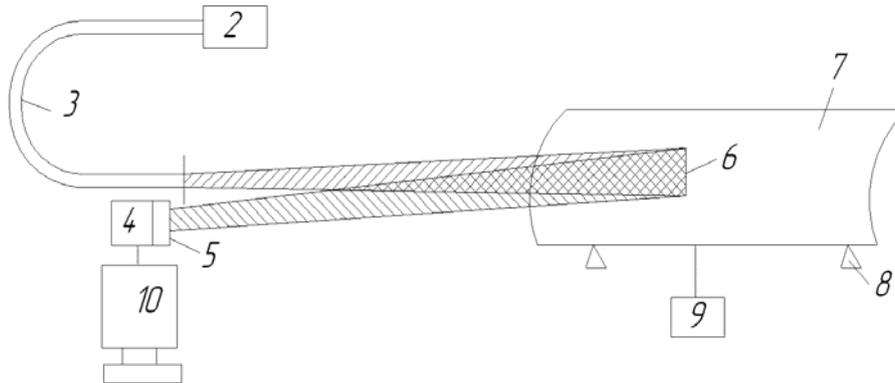


Рис. 1. Схема испытательного стенда для выявления внутренних дефектов многослойных сотовых конструкций:

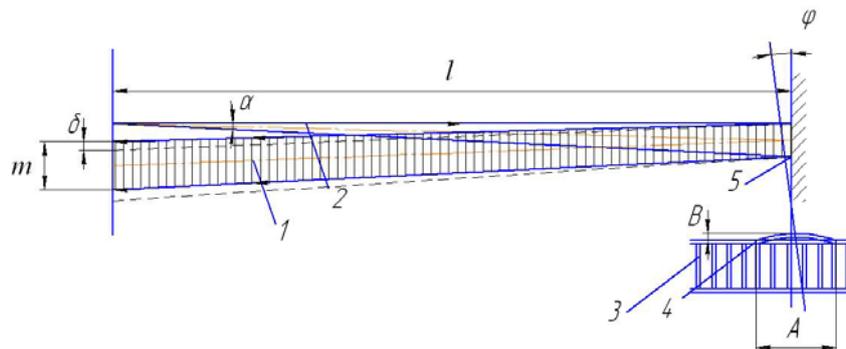
1 – лазерное излучение; 2 – источник излучения; 3 - оптоволоконно, 4 – телекамера, 5 – объектив телекамеры, 6 - зеркало, 7 – образец крупногабаритной оболочки, 8, 9 – вибраторы, 10 – вычислительный блок

Обработка информации осуществляется телекамерой Watec с объективом MC SONNAR 3.5/135 CARL ZEISS JENA DDR, вычислительным блоком ПК с использованием программы для обработки данных AverTV. Вибратор имеет частоту генерации 50 Гц с амплитудой колебаний 0,01-0,5 мм. Схема определения погрешности лазерного вибрационного способа выявления дефектов многослойной сотовой крупногабаритной оболочки и схема для определения перемещения зеркала показаны на рис. 2. Здесь введены обозначения: l – длина пробега лазерного луча; φ – угол поворота зеркала; α – расходимость лазерного потока; A – длина участка непрочлея; B – величина амплитуды колебания внешней тонкостенной пластины; m – диаметр лазерного пятна на внешней линзе объектива телевизионной камеры; δ – величина смещения лазерного пятна; β – величина разрешения телекамеры.

Величина смещения лазерного пятна определяется следующей зависимостью:

$$\delta = \frac{4(l + \Delta l)(A + \Delta A)(B + \Delta B)}{(A + \Delta A)^2 - 4(B + \Delta B)^2} \quad (1)$$

Для случая изменения величин основных параметров изменяются в пределах: $l=2000-3000$ мм, $\Delta l=5$ мм; $A=20-50$ мм, $\Delta A=5$ мм; $B=0,01-0,5$ мм, $\Delta B=0,01$ мм; $\beta=0,01$ мм; $\delta=0,01$ мм, зависимости изменения величины смещения лазерного пятна при выявлении дефектов многослойных крупногабаритных оболочек имеют вид (рис. 3). Погрешность способа выявления дефектов многослойной сотовой крупногабаритной оболочки δ существенно увеличивается с возрастанием длины участка непрочлея A и величины разрешения телекамеры β , с уменьшением длины пробега лазерного луча l , величины амплитуды колебания внешней пластины клееной конструкции B .



a

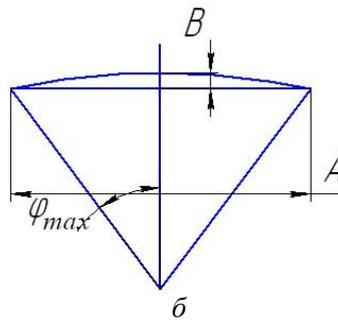


Рис. 2. Схема определения погрешности лазерного способа выявления поверхностных повреждений многослойных клееных конструкций (а) и схема для определения перемещения зеркала (б):

1 – отраженный лазерный луч; 2 – падающий лазерный луч; 3 – многослойная клееная оболочка; 4 – участок непрочлея внешней тонкостенной пластины; 5 – плоское отражающее зеркало.

Выявление дефектов многослойных со-
товых крупногабаритных оболочек проводи-
лось на предложенном испытательном стенде
(рис. 1). В качестве образцов использовались
цилиндрические оболочки размером
1500×1200 мм с радиусом кривизны 2000 мм.
Материал оболочки – трехслойный компози-
ционный материал толщиной 25 мм с несущим
слоями из углепластика на связующей их
эпоксидной смоле. Заполнителем является
алюминиевые сотопанели с величиной грани
2,5 мм. Направление потоков лазерного излу-
чения совпадало с волновым вектором вибрации.

Оптическая головка устанавливалась на
внешней поверхности оболочки в центре участ-
тков непрочлея размерами $A=35 \times 35$ мм и
 $A=50 \times 50$ мм. Длина хода лучей составляла
величину $L=2250 \pm 10$ мм и $L=2750 \pm 10$ мм. Ве-
личина смещения светового пятна при нали-
чии дефекта находилась в диапазоне $\delta=2-75$
мм. В других областях оболочки без наличия
дефекта изменение формы светового пятна и
его перемещение не происходило. Имеется
незначительное отличие экспериментальных
величин δ от расчетных значений с погрешно-
стью менее 5%.

Выводы: лазерная вибродиагностика
непрочлея позволяет в процессе изготовления
изделий контролировать наличие дефектов, их
размеры, форму, расположение и др. При от-
сутствии дефекта в оболочке, наблюдается в
сечении пучка лазерного излучения равно-
мерное распределение интенсивности пра-
вильной кольцевой формы. Дефекты в виде
непрочлея создают распределение интен-
сивности вытянутой формы с нарушенной струк-
турой и смещенным максимумом интенсивности.

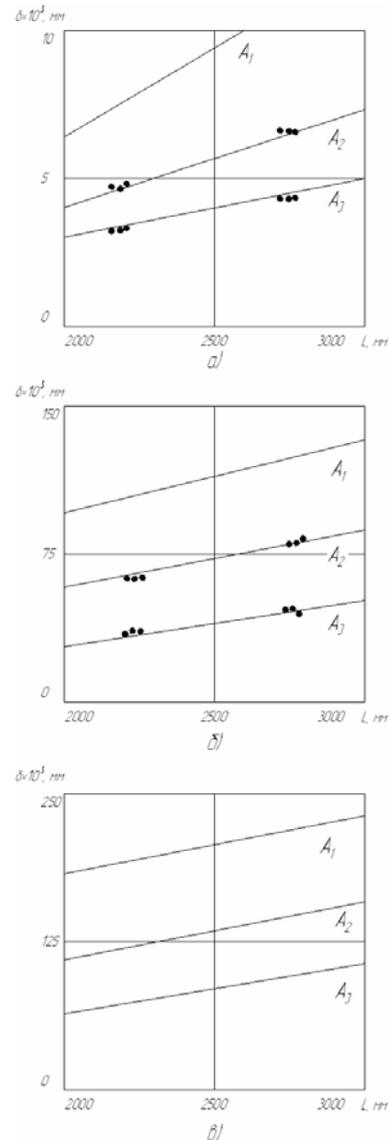


Рис. 3. Зависимости изменения величины смещения лазерного пятна при выявлении поверхностных повреждений многослойных клееных конструкций от основных параметров установки:
а – $B=0,01$ мм; б – $B=0,25$ мм; в – $B=0,5$ мм, $\beta=0,01$ мм; $\Delta A=5$ мм; $\Delta B=0,01$ мм; $\Delta l=5$ мм; $A_1=20$ мм; $A_2=35$ мм; $A_3=50$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Мордасов, В.И.* Обнаружение повреждений при нанесении покрытий на металлическую поверхность / *В.И. Мордасов, Н.А. Сазонникова* // Изд. Акад. наук «Металлы». – 2000. - №4. – С.105-109.
2. *Мордасов, В.И.* Выявление поверхностных повреждений покрытий оптическим методом / *В.И. Мордасов, Н.А. Сазонникова* // Перспективные материалы. – 2000. - №3. – С. 95-99.
3. *Тварадзе, С.В.* Вопросы оперативного выявления дефектов силовых установок транспортных средств / *С.В. Тварадзе, А.П. Ушаков* // Акад. гражданской авиации, Межвуз. темат. сборн. научн. трудов «Проблемы эксплуатации и совершенствования транспортных систем». – 2005. – Т. 10. – С. 174-206.
4. *Кох, А.И.* Акустическая и вибрационная диагностика пневмо- и гидросистем. Учебное пособие. / *А.И. Кох, М.С. Гаспаров, С.А. Петренко*. – Самара: Сам. гос. аэрокосмический унив., 2006. – 84 с.

**GLUING SHELLS DEFECTS DETECTING BY
LASER-VIBRATING METHOD**

© 2009 N.I. Laptev¹, V.I. Mordasov¹, A.D. Storozh², N.E. Grebnev², D.N. Grebnev²

¹ Scientific Research Institute of Conversion Problems and High Technologies of
Samara State Technical University

² SRPSRC “TsSKB-Progress” (Samara)

This paper shows the advantages of laser vibrating diagnostic method for ungluing joints detecting in sandwich large-sized shells. The defects presents is detected by extended reflected laser spot form. The error of the method is increased significantly with reducing of laser beam distance, shall external layer vibrating amplitude and CCD resolution.

Key words: *sandwich large-sized shells, defects, laser vibrating diagnostics*

*Nikolay Laptev, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Director. E-mail: postman@sstu.samara.ru*

*Vasiliy Mordasov, Doctor of Technical Sciences, Leading
Research Fellow. E-mail: postman@sstu.samara.ru*

*Alexander Storozh, Deputy General Designer. E-mail:
storogh.ad@gmail.com*

*Nikolay Grebnev, Chief Designer. E-mail:
mail@progress.samara.ru*

*Dmitriy Grebnev, Deputy Chief Designer. E-mail:
mail@progress.samara.ru*