

# ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСКОНТАКТНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ И ЛАЗЕРНОГО ВИБРОСКАНИРОВАНИЯ

© 2021 г. Шпильной Виктор Юрьевич<sup>1\*</sup>, В.П. Вавилов<sup>1\*\*</sup>, Д.А. Дерусова<sup>1\*\*\*</sup>,  
Н.В. Дружинин<sup>2\*\*\*\*</sup>, А.Ю. Ямановская<sup>1\*\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634028, Томск, ул. Савиных, 7

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634050, Томск, пр.  
Академический, 2/4

\* red@tpu.ru; \*\* vavilov@tpu.ru; \*\*\* vshpilnoy@list.ru; \*\*\*\* mikola@sibmail.com, \*\*\*\*\* ayu4@tpu.ru

Современные полимерные композиционные материалы сочетают высокую прочность и малую массу, что способствует их широкому использованию практически во всех отраслях машиностроения. Наряду с развитием новых технологий возрастают требования к качеству продукции и обеспечению ее безопасной эксплуатации. Это определяет необходимость разработки новых и совершенствования существующих методов неразрушающего контроля [1-2].

Проведение ультразвукового неразрушающего контроля композиционных материалов бесконтактным способом требует повышения мощности акустического сигнала ввиду существенного затухания звука в воздушной среде. Эффективность испытаний в этом случае определяется эффективностью работы излучателя, а именно, величины передачи акустических колебаний через воздушную среду в объект исследования. Исходя из этого, разработчики устройств, работающих на основе магнестрикционных преобразователей, постоянно совершенствуют существующие технологии изготовления, а также конструкцию излучателей и используемых волноводов [3-4].

Настоящая работа посвящена исследованию направленности излучения мощного УЗ магнестрикционного излучателя с воздушной связью в сборке со ступенчатым титановым волноводом для задач бесконтактных ультразвуковых неразрушающих испытаний. Путем оценки взаимодействия инжектированных упругих волн с дефектными областями полимерного материала проведена оптимизация условий ввода ультразвука бесконтактным способом, исследовано влияние расстояния до точки ввода ультразвука, а также угла направленности излучателя к контролируемой поверхности полимерного материала, на вибрационный сигнал от дефекта. По результатам проведенных работ получено, что при уровне потребляемой электрической мощности магнестриктора 550Вт, амплитуда вводимой акустической мощности через единичную площадку пластины оргстекла может достигать 6 мВт на расстоянии от излучателя до объекта около 10 мм. Увеличение угла наклона излучателя на 15° и 30° к исследуемой поверхности приводит к

увеличению вводимой акустической мощности соответственно в 3 и 4 раза. Акустическая энергии указанной величины является достаточной для локального увеличения амплитуды вибраций частиц среды в области неоднородности в результате взаимодействия распространяющейся упругой волны с дефектом. При анализе условий нагружения несквозного отверстия прямоугольной формы в пластине оргстекла было получено, что максимальное усиление вибраций в дефекте по отношению к бездефектной величине наблюдалось при минимальном расстоянии до излучателя, а увеличение угла наклона излучателя до 30° приводит к увеличению амплитуды вибраций частиц среды в области неоднородности до трех раз. Следует также отметить, что уменьшение уровня вводимой акустической энергии приводит к снижению достоверности результатов определения геометрических размеров неоднородности. Однако область дефекта проявляется в виде соответствующей отметки даже при минимальной величине вводимой акустической энергии, которая составляла 5 мВт в рамках настоящего эксперимента. Результаты практического использования бесконтактной УЗ стимуляции для обнаружения ударного повреждения энергией 16 Дж в углепластиковом композите позволили оценить геометрические размеры неоднородности и подтвердили возможность использования бесконтактных магнитострикционных излучателей для обнаружения дефектов указанного типа.

Измерение диаграммы направленности бесконтактного магнитострикционного излучателя с использованием техники лазерной виброметрии позволило оптимизировать условия проведения неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов с использованием бесконтактной УЗ стимуляции и лазерного вибросканирования.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук МК-1221.2021.4

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Post W., Kersemans M., Solodov I., Van Den Abeele K., García S., van der Zwaag S.* Non-destructive monitoring of delamination healing of a CFRP composite with a thermoplastic ionomer interlayer// *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. V. 101. 2017. P. 243 –253
2. *Solodov I., Döring D., Busse G.* Air-coupled laser vibrometry: Analysis and applications// *Applied Optics*. V. 48. No.7. 2009. P.C33—C3
3. *Nad M.* Ultrasonic horn design for ultrasonic machining technologies // *Applied and Computational Mechanics*. V. 4. 2010. P. 79–88
4. *Jagadish, Amitava Ray.* Design and performance analysis of ultrasonic horn with a longitudinally changing rectangular cross section for USM using finite element analysis // *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*. V. 40. No. 7. 2018. article number 359