

Исследование лазерно-ультразвукового метода контроля механических напряжений применительно к материалам из алюминиевых сплавов

Шкурупий В.А. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Быченко В.А. (ИТМО)

Введение. В процессе эксплуатации тонкостенных алюминиевых конструкций существует риск их деформации и разрушения. Наиболее частой причиной внезапных разрушений конструкций являются механические напряжения, которые могут возникать в процессе изготовления деталей, сборки конструкции, при эксплуатационных нагрузках и снижают стойкость материала к трещинам, а конструкция может выдерживать меньшие нагрузки до возникновения пластической деформации. Своевременная оценка механических напряжений позволяет контролировать качество изготовления, текущее состояние ответственных конструкций и предотвратить разрушение изделий. Поэтому разработка методов контроля механических напряжений в тонких пластинах из алюминиевого сплава является **актуальной** задачей. **Целью** настоящих исследований является обоснование возможности применения лазерно-ультразвукового метода контроля остаточных напряжений применительно к материалам из алюминиевых сплавов. **Задачей** исследований является экспериментальная апробация метода и средств лазерно-ультразвукового контроля остаточных напряжений на пропорциональных образцах из алюминиевого сплава, определение параметров распространения скорости распространения ультразвуковых волн в материале образцов, установление коэффициента упругоакустической связи, характеризующей взаимосвязь между механическими напряжениями, действующими в материале образцов, и скоростью распространения ультразвуковых волн.

Основная часть. Механические напряжения возникают при сборке и монтаже ответственных соединений. Механические напряжения могут быть оценены с помощью механических методов контроля, требующих частичного разрушения изделия; с помощью тензометрии в поверхностном слое или с помощью других методов неразрушающего контроля. Неразрушающие методы контроля являются предпочтительными, поскольку позволяют проводить периодический контроль механических напряжений в изделиях на разных этапах их эксплуатации.

Для контроля механических напряжений могут использоваться электрические, магнитные, тепловые, акустические методы [1], которые в зависимости от области применения и решаемых задач имеют свои преимущества и недостатки. Однако, на данный момент отсутствуют неразрушающие методы и средства контроля, позволяющие достоверно определять вне лабораторных условий величину и знак механических напряжений на макроуровне в тонкостенных конструкциях из алюминиевых сплавов, что подчёркивает **актуальность** проводимых исследований.

В настоящее время наиболее эффективными и универсальными методами диагностики конструкций из различных материалов [2] являются акустические, основанные на упругоакустическом эффекте – линейной зависимости скорости распространения упругих волн от действующих в материале тела механических напряжений [3, 4]. Их преимуществом является возможность определения знака действующих механических напряжений (растяжение/сжатие) и возможность оценки механических напряжений интегрально в некотором объёме материала. Однако, явление акустоупругости проявляется в относительно малом диапазоне изменения скоростей распространения ультразвуковых волн (УЗВ), поэтому важными задачами являются подтверждение связи зарегистрированного изменения скорости именно от изменения механических напряжений и, соответственно, повышение точности измерений скорости распространения УЗВ.

Наибольшая точность измерений скорости распространения ультразвуковых волн обеспечивается с помощью ультразвукового метода с термооптической генерацией акустических колебаний (лазерно-ультразвуковой метод) [5].

Для оценки применимости лазерно-ультразвукового метода контроля механических напряжений в тонкостенных алюминиевых конструкциях были проведены экспериментальные исследования по измерению изменения скорости распространения продольной подповерхностной УЗВ в зависимости от величины механических напряжений, действующих в материале пропорциональных образцов, изготовленных из алюминиевого сплава толщиной 1,9 мм, в упругой области. Измерения проводились с помощью лазерно-ультразвукового дефектоскопа компактного УДЛ-2М (№ в реестре СИ РФ – 89982-23) в комплекте с оптико-акустическим раздельно-совмещённым преобразователем. В результате экспериментальных исследований была установлена зависимость скорости распространения продольной подповерхностной волны от величины действующих в материале образцов механических напряжений и определён коэффициент упругоакустической связи.

Вывод. В результате экспериментальных исследований подтверждена возможность оценки механических напряжений в тонкостенных конструкциях из алюминиевого сплава с использованием лазерно-ультразвукового метода контроля с помощью анализа параметров распространения продольной подповерхностной волны. Установлена зависимость скорости распространения продольной подповерхностной волны от величины действующих в материале образцов механических напряжений, которая может быть использована при контроле механических напряжений в изделиях из алюминиевых сплавов.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р 5369-2010. Контроль неразрушающий. Определение механических напряжений. Общие требования к классификации методов: введ. 01.12.2011. – Москва: Стандартинформ, 2011 – 3 с.
2. Неразрушающий контроль: Справочник в 8 т. / Под общ. Ред. В.В. Клюева. Т.3: И.Н. Ермолаев, Ю.В. Ланге. Ультразвуковой контроль – 2-е изд. Исп. – М: Машиностроение, 2006. С.9.
3. Быченко, В.А. Лазерно-ультразвуковой метод и средство контроля остаточных напряжений в изделиях из специальных материалов: 05.11.01: Быченко Владимир Анатольевич. – Санкт-Петербург, 2013. – 128 с.
4. ГОСТ Р 52731-2007. Контроль неразрушающий. Акустический метод контроля механических напряжений. Общие требования: введен 01.10.2007. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
5. Fedorov A.V., Bychenok V.A., Berkutov I.V., Alifanova I.E., Khoshev A. Methodology for assessing the uncertainty of measurements of mechanical stresses by the ultrasonic method with the help of an optical-acoustic separate-combined transducer//Journal of Physics: Conference Series, 2021, Vol. 2127, No. 1, pp. 012036.