

Акустико-эмиссионный контроль усталостного разрушения тонкостенных конструкций из алюминиевых сплавов

Кузиванов Дмитрий Олегович

Степанова Ксения Андреевна

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»

Научный руководитель: Фёдоров Алексей Владимирович, д.т.н.

E-mail: kuzivanovdmitry@gmail.com

Образование усталостных дефектов в ответственных деталях и конструкциях, работающих в условиях статических и динамических нагрузок, зачастую приводит к невозможности их дальнейшей безопасной эксплуатации. Одной из возможных причин потери герметичности переходной камеры служебного модуля «Звезда» в составе Российского сегмента Международной космической станции могло стать образование сквозных усталостных трещин металла тонкостенной алюминиевой оболочки, находящейся в эксплуатации уже более 22 лет [1].

Для обеспечения безопасной эксплуатации ответственных изделий и конструкций актуальной задачей является разработка технологии поиска и локализации усталостных дефектов, которая позволит получать достоверную информацию о состоянии металла и оценивать степень деградации его механических свойств с возможностью прогнозирования образования новых трещин и их развития. Одним из перспективных методов неразрушающего контроля и технической диагностики, который может быть положен в основу данной технологии, является метод акустической эмиссии (АЭ), обладающий высокой чувствительностью к развивающимся дефектам [4].

Целью данной работы являлась экспериментальная оценка применимости метода АЭ для обнаружения и локализации дефектов на образцах тонкостенных конструкций из алюминиевых сплавов.

В работе представлены результаты анализа параметров АЭ, регистрируемых в процессе нагружения образцов-имитаторов с усталостными дефектами (предварительно выращенными трещинами из концентратора напряжений). В ходе экспериментального опробования метода АЭ выполнена оценка параметров роста дефектов материала тонкостенной конструкции из алюминиевого сплава АМг6 толщиной 3,5 мм в условиях эксплуатационных нагрузок, и нагрузок, превышающих эксплуатационные. В качестве информативных параметров АЭ анализировались: координаты локализованных источников АЭ, число импульсов N_{Σ} , активность N_{Σ} акустической эмиссии, амплитуда U_m и медианная частота f_m импульсов АЭ. Показана возможность локализации источников АЭ сигналов, связанных с ростом пластической зоны у вершины трещины, при значениях нагрузок, не превышающих эксплуатационные. Экспериментально подтверждена применимость метода АЭ для идентификации начала роста и оценки параметров распространения трещины при увеличении нагрузки, что является дополнительным инструментом в исследовании эволюции развития усталостных дефектов.

Проведены исследования механизма развития усталостных дефектов после проведения ремонтных работ по герметизации трещин на образцах-имитаторах. С целью повышения информативности результатов АЭ контроля выполнены тензометрические измерения механических напряжений и деформаций в области максимальных пластических деформаций. Определены величины критических напряжений при вершине трещины, приводящий к ее росту. Приведены результаты АЭ- и тензометрического контроля, характеризующие изменение напряженно-деформированного состояния в основном материале при установке на образец-имитатор с трещиной ремонтной заплаты.

По результатам экспериментальных работ подтверждена возможность локализации трещин тонкостенных конструкций из алюминиевых сплавов и оценки склонности их к развитию в условиях эксплуатационных нагрузок с применением метода АЭ. Установлены характерные особенности в распределении информативных параметров АЭ при развитии дефектов трещин в материале, после проведения ремонтных работ по принятым методикам.

Список публикаций:

[1] Веденеева Н. Мы ее теряем: трещины на МКС стали очень опасными // *Московский Комсомолец*. 2020. №28447.; URL: <https://www.mk.ru/science/2020/12/21/my-ee-teryaem-treshhiny-na-mks-stali-ochen-opasnymi.html> (дата обращения: 11.06.2021).

[2] Макаров С.В., Плотников В.А., Лысиков М.В., Колубаев Е.А. Накопление деформации и акустическая эмиссия в условиях термомеханического нагружения алюминиево-магниевого сплава // *Известия Алтайского государственного университета*. 2015. № 1/2(85). С. 40-44.

[3] Макаров С., Плотников В., Колубаев Е. Деформационное поведение алюминиево-магниевого сплава в условиях термомеханического нагружения // *Известия Алтайского государственного университета*. 2015. № 1/2(85). С. 36-39.

[4] Барат В.А. Акустико-эмиссионная диагностика // *Москва: Спектр*. 2017. 368 с.

Список исполнителей:

_____ Кузиванов Д.О.

_____ Степанова К.А.

Научный руководитель:

_____ Федоров А.В.