

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кхун Хан Хту Аунг «**ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПЛАСТИНАХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ Д16 И 1163 НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 — Материаловедение (в машиностроении)

### **1. Актуальность избранной темы**

Одной из важных проблем, решаемой в работе, можно отметить проблему объективного анализа структурного состояния материала изделия, определяющего ее эксплуатационные возможности. Особенно сильно структурные изменения в материалах конструкциях связаны с развивающимися дефектами в ходе деформаций, которые могут охватывать макроскопические объемы материала приводить к его разрушению. Большинство конструкций, содержащие плоские элементы типа крыла самолета, трубопроводов, сосудов давления при возникновении усталостных трещин могут катастрофически разрушаться.

Исследования, направленные на разработку методов фиксации процесса накопления повреждений, являются одними из важнейших, позволяющие решить задачи определения структурного состояния материалов и остаточного ресурса конструкций. Одним из решений поставленных задач является разработка методик интегральной оценки поврежденности, позволяющих получать качественную и количественную информацию о структурном состоянии конструкции и ее изменении в реальном масштабе времени, связанном с развитием деформации и разрушения.

Наиболее информативным методом анализа эволюции структурного состояния материала конструкции в реальном масштабе времени, связанным с развитием пластической деформации и разрушением является метод акустической эмиссии. Акустическая эмиссия несет в себе информацию как о физических механизмах, связанных с локальным развитием дефектов, так и о степени опасности такой дефектной структуры, обусловленной эффектом корреляции в системе дефектов, приводящих к разрушению.

В этой связи разработка методов анализа потока сигналов акустической эмиссии в материалах конструкций, содержащих плоские элементы, обусловленной процессами эволюции дефектной структуры в стадии предразрушения и стадии разрушения, является актуальной задачей.

**Актуальность работы подчеркивает цель диссертационной работы,** заключающаяся в установлении закономерностей эволюции структурных изменений, выявляемых при развитии трещин в материалах пластин из алюминиевых сплавов, методом акустической эмиссии.

### **2. Содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность научных исследований, сформулирована цель и определены задачи работы. Показана научная новизна, практическая значимость и апробация полученных результатов.

**В первой главе** приведен анализ современного состояния способов применения АЭ для регистрации повреждений в материалах по теме диссертации.

**Во второй главе** приведено описание материалов, разработан план и приведены методики выполнения исследований. Выполнен анализ моделей распространения волн Лэмба в пластинах различной толщины. В качестве материала для исследований были выбраны пластины из алюминиевых сплавов Д16 и 1163.

**В третьей главе** приведены результаты экспериментальных исследований по распространению волн АЭ в пластинах Д16 при симулировании повреждений. Возбуждение волн АЭ осуществлялось изломом грифеля карандаша различной твердости (источник Су-Нильсена), характеризующим различные типы источников АЭ.

**В четвертой главе** представлено практическое использование результатов исследования в конструкционных материалах. Для идентификации источников, которые выявлены при регистрации волн АЭ, проводили эксперименты с использованием источника Су-Нильсена, симулирующего разрушение. В результате качественного анализа вейвлет-спектрограмм для сигналов, зарегистрированных от источника Су-Нильсена, было обнаружено, что выбранные моды зарегистрированных волн характеризуются как антисимметричные волны  $A_0$  и симметричные волны  $S_0$ .

**В заключении** сформулированы выводы, вытекающие из проделанной работы.

**3. Новизна исследований и полученных результатов** в целом состоит из оригинального методического подхода к оценке эволюции структурных изменений, происходящих в листовых конструкционных материалах на основе исследований, выполненных автором с использованием метода акустической эмиссии.

Таим образом, представленная диссертационная работа обладает научной новизной, которую можно выделить в следующем:

1. Разработана модель идентификации типов дефектов в виде трещин, развивающихся в пластинах алюминиевых сплавов, на основе параметров регистрируемых сигналов АЭ.

2. Установлена связь между микротвердостью материала в устье трещины, развивающейся в пластине алюминиевого сплава 1163, и расчетным параметром АЭ, определяемым как отношение энергий частотных диапазонов Фурье спектра компонент вейвлет преобразования сигнала АЭ.

3. Разработан критерий идентификации типа развивающегося дефекта, характеризуемого структурным состоянием и совокупностью свойств материала как

источника АЭ и регистрируемого в пластине алюминиевого сплава на различном расстоянии от приемника АЭ.

**4. Обоснованность и достоверность полученных результатов,** приведенных в диссертационной работе обусловлены применением современных методов исследования в материаловедении (оптическая и электронная микроскопия, методы механических испытаний, метод акустической эмиссии, методы моделирования), корректностью постановки задач и обоснованным выбором материалов исследования, достаточным объемом экспериментальных данных

Весь массив экспериментальных данных получен с применением современной приборной базы и с использованием хорошо апробированных методик физического материаловедения. Кроме того, автор, для решения в диссертационной работе сугубо практических задач,

Достоверность вынесенных на защиту положений, результатов и выводов диссертационной работы подтверждается их апробацией на 14 международных, всероссийских и региональных конференциях. Результаты диссертационной работы представлены в 16 статьях, 6 из которых – в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ, Web of Science и Scopus.

#### **5. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта**

Выводы, новизна исследования, представленные в диссертационной работе, имеют существенное значение для науки и вносят значительный вклад в развитие представлений о связи структурных превращений в материалах с генерированием акустических сигналов в ходе их механического нагружения.

Практическая ценность диссертации заключается в разработке методики оценки структурного состояния деформируемой среды, являющейся совокупностью источников акустической эмиссии на разных стадиях образования и развития совокупности дефектов типа трещин. Методика основана на численном анализе отношения энергии частотных компонент, полученных в результате вейвлет разложения сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных на разных стадиях развития дефектов в пластинах конструкционных материалов. Результаты научной работы были внедрены в учебный процесс при курсовом и дипломном проектировании и использованы при чтении курсов.

По результатам работы оформлены 1 патент РФ на изобретение и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

#### **6. В качестве замечаний можно отметить следующее.**

1. Автор анализирует волны Лэмба, особый тип волн, распространяющихся в тонких пластинах, однако нигде не показал профиль такой волны. Такая иллюстрация помогла бы многим понять какой вид волн анализируется в работе.

2. Анализ потока сигналов акустической эмиссии осуществляется путем Фурье-разложения и вейвлет анализа. Однако во второй главе фактически нет описания этих методов. Поэтому возникают сложности с пониманием параметров, например, вейвлет коэффициентов.

3. На рис. 11 автореферата используется параметр «магнитуда». Однако в тексте нет обращения к этому параметру. Что это за параметр.

4. На стр. 32 диссертации приведено некорректное определение акустической эмиссии. Эмиссия – это все-таки генерирование акустических сигналов, которые распространяются в материале в виде цугов акустических волн.

5. На стр. 35 диссертации утверждает, что анализу подлежат параметры  $dN/dt$  и  $\Sigma N$ , то есть фактически постулирует импульсный характер акустической эмиссии. Хотя ранее говорит о непрерывной акустической эмиссии. Где же место непрерывной акустической эмиссии?

6. Автор категоричен в рассуждениях, утверждая, что при увеличении расстояния до 10 м амплитуда акустического сигнала уменьшается в 1000 раз, а длительность увеличивается в 100 раз. Где ссылки на первоисточники?

7. При оформлении рукописи диссертации на страницах 70 и 71 в уравнениях (2.8), (2.9) и (2.12) ввиду ошибок шрифта или формата сохранения не указана часть обозначений, что не позволяет увидеть формулы в целом.

8. По методике экспериментов, приведенных в главе 2, не совсем ясен принцип работы схемы статических испытаний, предложенных автором и проводимых им, который состоял, как указано в диссертации, в однократном нагружении образцов алюминиевого сплава Д16. Поэтому при обсуждении результатов испытаний невозможно сделать выводы о том, до какого уровня напряжений выполнялось нагружение образцов.

9. В главе 3 на с. 79 в таблице 3.1 приведено сравнение параметров сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных в пластине сплава Д16. Из представленного материала не совсем ясно, каким образом учитывались представленные результаты моделирования волн Лэмба в дальнейшем при оценке результатов регистрации возбуждения единичным источником АЭ в пластине алюминиевого сплава Д16.

10. При описании структуры по результатам фрактографического анализа, выполненного по фрактограммам, полученным на растровом электронном микроскопе, не приведена качественная или количественная связь между показателями структуры, измеренной микротвердостью и параметрами сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных при развитии трещины.

**Отмеченные выше недостатки не снижают научной значимости и практической ценности работы.**

## 7. Соответствие автореферата диссертации.

Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию, оформлен, как и диссертационная работа, в соответствии с принятым стандартом. Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в периодических научных журналах, рекомендованных ВАК России для публикации материалов диссертационных работ. Работа прошла обширную апробацию на конференциях и семинарах различного уровня.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.** По своей актуальности, уровню решенных задач, научной новизне, теоретической и практической значимости, обоснованности научных положений и выводов, достоверности полученных результатов и уровню апробации и опубликованию основных положений в печати диссертационная работа Кхун Хан Хту Аунг «Идентификация развивающихся повреждений в пластинах из алюминиевых сплавов Д16 и 1163 на основе применения метода акустической эмиссии» соответствует требованиям Положения ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Кхун Хан Хту Аунг заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (в машиностроении).

Даю согласие на обработку моих персональных данных и включение их в аттестационное дело Кхун Хан Хту Аунг.



Официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук  
(01.04.07 – физика конденсированного состояния),  
заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики  
Федерального Государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Алтайский государственный  
университет»

  
Владимир Александрович Плотников

656049, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61  
E-mail: plotnikov@phys.asu.ru  
Тел. 8 (3852) 296-659

Подпись официального оппонента д.ф.-м.н., профессора В.А. Плотникова удостоверяю

НАЧАЛЬНИК  
ДОКУМЕНТА  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ШЕХТМ

  
  
09.04.2021