

УДК 621.791.052.539.4.014

Исследование акустико-эмиссионных свойств мостовых алюминиевых сплавов

Счастливцев Александр Борисович

schastlivtcev@bmstu.ru

Кононов Георгий Максимович

kononovgeorge@yandex.ru

Тимофеев Кирилл Романович

timofeevkr@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе проведен анализ применяемых сплавов для изготовления алюминиевых мостов. Определены значения скорости звуковых волн и коэффициента затухания для образца из алюминиевого сплава. Приведены результаты экспериментальных исследований поведения алюминиевого материала в процессе статических испытаний на разрушение с помощью метода акустической эмиссии (АЭ). Получены критические значения параметров АЭ, соответствующей предразрушающему состоянию материала.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, статические испытания, алюминиевый сплав, повреждение

Investigation of acoustic emission properties of bridge aluminum alloys

Schastlivtcev Alexander Borisovich

schastlivtcev@bmstu.ru

Kononov George Maksimovich

kononovgeorge@yandex.ru

Timofeev Kirill Romanovich

timofeevkr@student.bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. This study presents an analysis of the alloys used in the fabrication of aluminum bridges. The velocity and attenuation coefficient of an aluminum alloy sample were determined. The results of experimental studies of the behavior of aluminum material during static tests for destruction using the acoustic emission (AE) method are presented. Critical values of the AE parameters corresponding to the pre-destruction state of the material are obtained.

Keywords: acoustic emission, static testing, aluminum alloy, damage

Введение. Контроль качества алюминиевых сплавов актуален в связи с ростом их использования в мостостроении из-за уникальных свойств, которые отличают их от других конструкционных материалов, таких как: сталь и бетон. При одинаковой жесткости алюминиевый мост окажется в два раза легче стального и в четыре раза легче бетонного. Легкие настилы моста уменьшают статическую нагрузку на пролетные конструкции, что повышает несущую способность. Это особенно важно для мостов с большим пролетом. Преимуществом алюминиевых конструкций также является высокая устойчивость к коррозии.

В процессе эксплуатации мостовые сооружения находятся в сложном напряженно-деформируемом состоянии, на конструкцию моста действуют различные повреждающие факторы, которые приводят к постепенному износу сооружения, что может вызвать преждевременное разрушение конструкции. Как следствие — человеческие жертвы и значительные финансовые затраты на восстановление.

Стратегия предотвращения таких аварий видится в контроле технического состояния мостового сооружения. Причем учитывая повышенную значимость мостовых сооружений и отсутствие достаточной статистики по эксплуатации мостовых сооружений из алюминиевых сплавов, наиболее предпочтительным является проведение контроля технического состояния в режиме реального времени (мониторинг).

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи могут быть рекомендованы системы комплексного диагностического мониторинга на основе метода акустической эмиссии (АЭ) [1].

Установка такой системы требует изучения акустико-эмиссионных свойств материалов конструкции моста. Применяемые алюминиевые сплавы для мостов приведены на рис. 1.

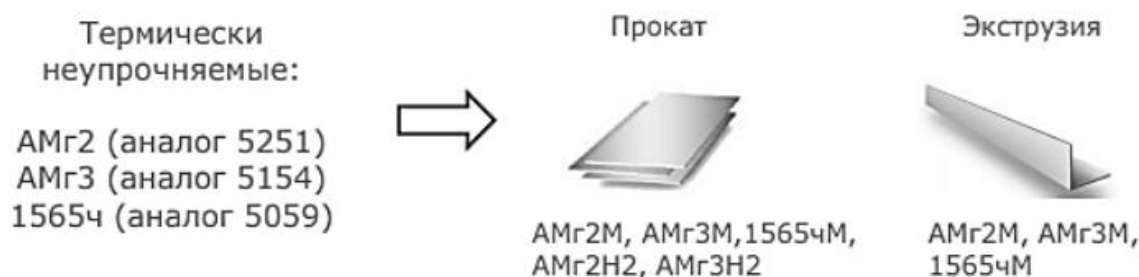


Рис. 1. Алюминиевые сплавы и виды полуфабрикатов для мостов

Применяемый при исследовании материал — алюминиевый сплав АМг3М.

Характеристики скорости и затухания ультразвуковых волн. Важнейшей характеристикой объекта акустико-эмиссионного контроля, необходимой для корректной локации источников АЭ, является скорость распространения АЭ сигналов в материале.

Для проведения эксперимента использовались две пластины длиной 1500 и 1200 мм с толщиной 4 и 1 мм соответственно. Применяемое оборудование: акустико-эмиссионная система (АЭ) A-Line 32 D, преобразователи акустической эмиссии (ПАЭ) — GT 200.

Для измерения скорости распространения сигналов АЭ используются два ПАЭ, установленные на поверхности контролируемого объекта (рис. 2). Имитатор АЭ размещают на расстоянии 100 мм от одного из них на линии, соединяющей преобразователи (но вне этих ПАЭ) [2].

Определение затухания проводилось на образцах. В этом эксперименте использовался один ПАЭ и источник АЭ сигналов. Ход выполнения экспери-

мента: отдаление имитатора АЭ сигналов на равные расстояния от неподвижного преобразователя с фиксированием амплитуды приходящих сигналов.

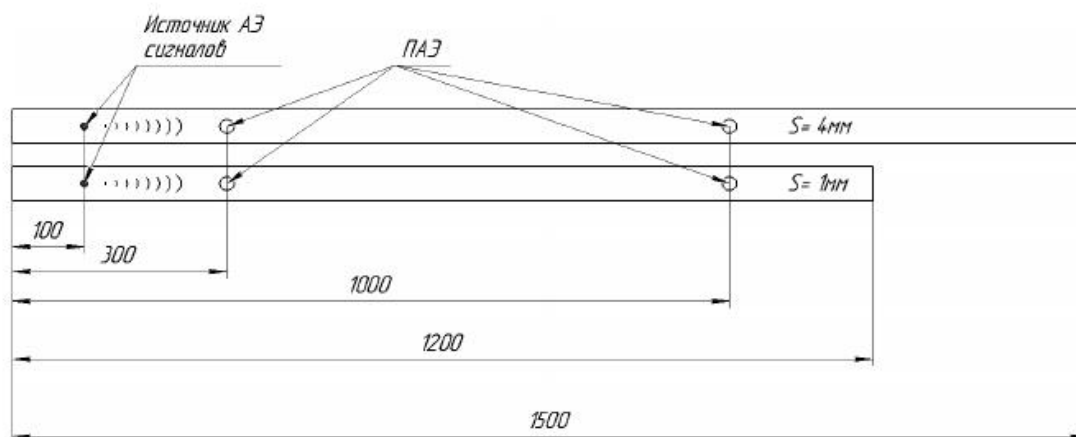
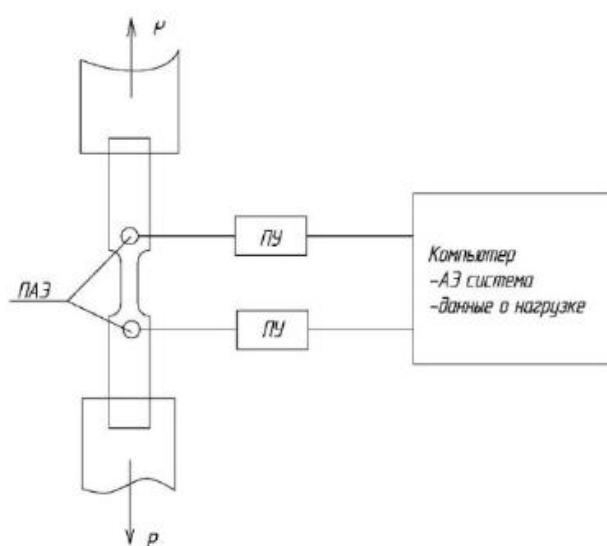
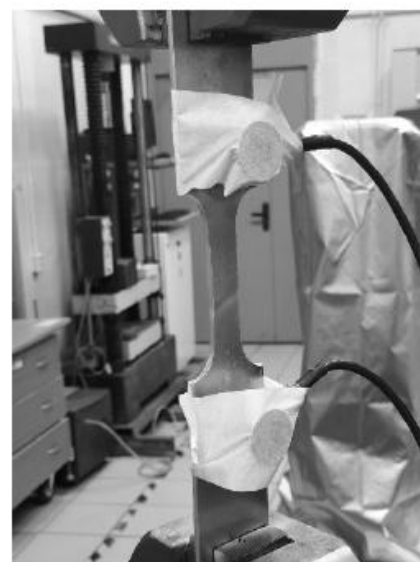


Рис. 2. Схема эксперимента по определению скорости распространения АЭ сигналов



а



б

Рис. 3. а — схема проведения эксперимента; б — образец с установленными ПАЭ в испытательной машине

Исследование информативных параметров акустической эмиссии. Методически для определения акустико-эмиссионных характеристик металла [3] были использованы образцы типа «лопатка» размерами $330 \times 50 \times 4$ с шириной шейки 20 мм. Образцы были получены фрезеровкой из листа толщиной 4,0 мм. На расстоянии 50 мм с каждой стороны от срединной плоскости образца устанавливались преобразователи акустической эмиссии (ПАЭ). Установка ПАЭ на образец выполнялась через слой контактной смазки и с помощью клейкой ленты (рис. 3). Испытательная установка состояла из разрывной машины Instron 300DX и АЭ-системы Samos-24, применяемые преобразователи акустической эмиссии (ПАЭ) — DP6I.

Подготовленный образец в испытательной машине подвергался одноосному растяжению и доводился до полного разрушения с непрерывной записью параметров акустической эмиссии. Применяемая скорость нагружения при одноосном растяжении — 0,5 кН/с.

Результаты. В ходе измерения скорости распространения сигналов АЭ были получены значения, представленные в таблице.

Скорость звука в пластинах разной толщины

Толщина образцов, мм	Скорость звука, м/с
4	5200
1	5400

Значение затухания звука в материале установлено 5,7 дБ/м.

По результатам проведенных испытаний были получены графические результаты изменения выбранных информативных параметров АЭ, сопровождающие процесс накопления поврежденности в образце (рис. 4). По результатам анализа выделено графическое окно наиболее информативного параметра, сопровождавшего процесс повреждения алюминиевого под нагрузкой — изменение амплитуды сигналов акустической эмиссии (рис. 4).

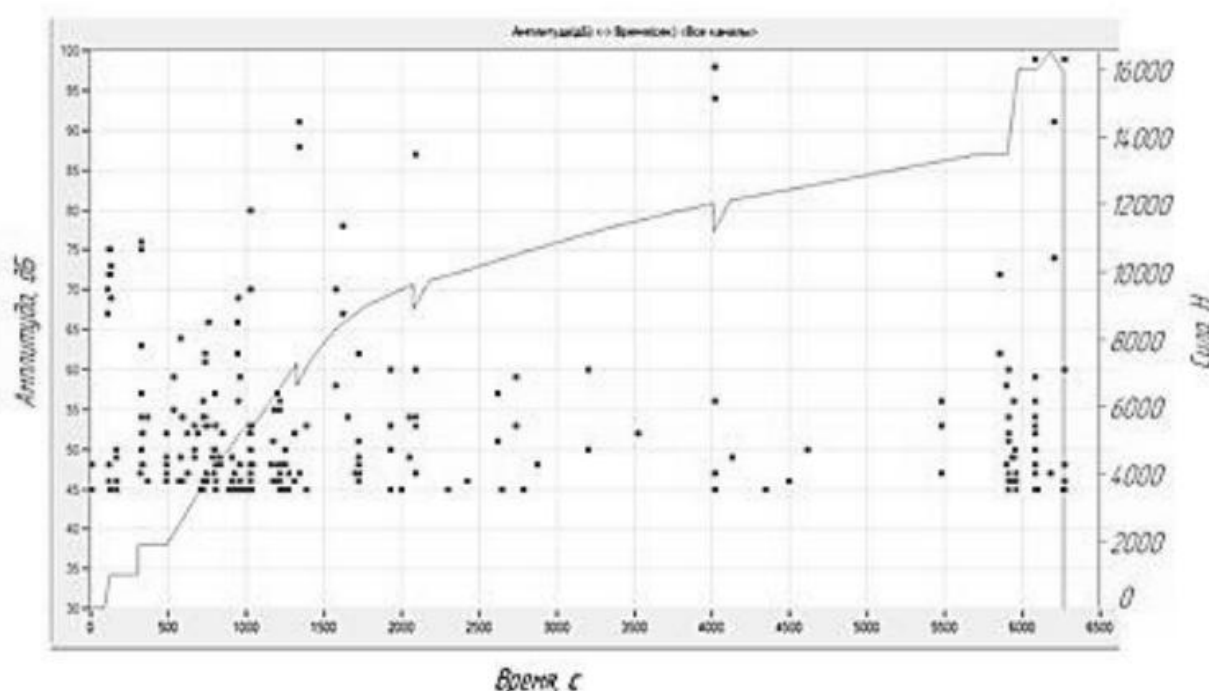


Рис. 4. Зависимость амплитуд сигналов АЭ от времени

В процессе проведения испытания было установлено характерное изменение формы сигналов процессе изменения стадий деформирования образца (рис. 5).

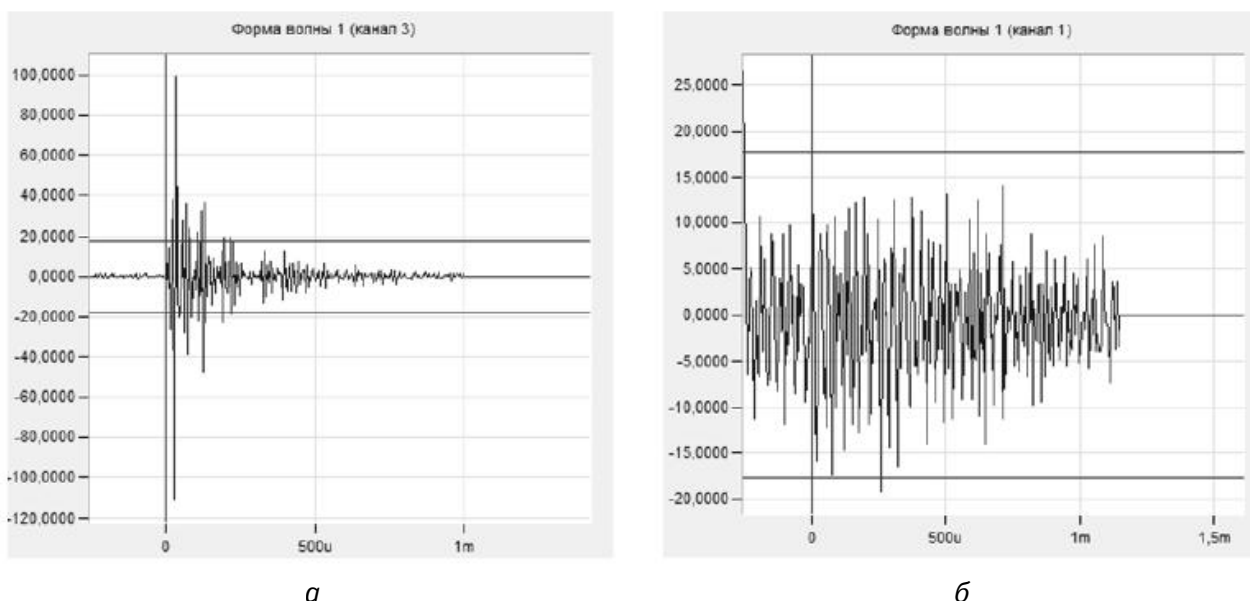


Рис. 5. а — форма сигнала в процессе пластической деформации; б — форма сигнала в момент разрушения

Обсуждение. В ходе анализа результатов были установлены параметры сигналов АЭ сопровождающих зону упругости, начало пластической деформации и момент разрушения образца. Началом этого процесса можно считать нагрузку в 8000 Н, что соответствует 1500 секундам на шкале времени. В серии из трех образцов было выявлено: в упругой зоне интенсивное накопление сигналов с амплитудой от 45 до 80 дБ, пониженная интенсивность сигналов длительностью до 1 миллисекунды до 60 дБ в пластичной зоне, длительные сигналы более 1 миллисекунды с большой амплитудой до 100 дБ в период разрушения.

Закключение. Полученные результаты позволяют спроектировать систему мониторинга, а также установить классы опасности выявленных источников АЭ. Значение скорости распространения АЭ сигналов в материале дает возможность определить местоположение дефекта, затухание определяет допустимое расстояние между преобразователями акустической эмиссии.

Список источников

- [1] Бигус Г.А., Счастливец А.Б. Алгоритм оценки развития коррозионных трещин при акустико-эмиссионном мониторинге колонных аппаратов. *Сварка и диагностика*, 2014, № 4, с. 50–54.
- [2] Комаров А.Г. *A-Line. Выполнение акустико-эмиссионного контроля*. Практическое руководство. Москва, Спектр, 2023, 418 с.
- [3] Бигус Г.А., Счастливец А.Б., Кононов Г.М. Информационная энтропия в задаче исследования материала с помощью метода акустической эмиссии. *Неразрушающий контроль и техническая диагностика в авиационной промышленности. XVI Всерос. конф. по испытаниям и исследованиям свойств материалов «ТестМат»*. Москва, ВНИИ авиационных материалов НИЦ «Курчатовский институт», 2024, с. 222–233.

A8

Материаловедение

