

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНЫХ СИГНАЛОВ
АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Б. Е. Патон, И. Я. Кучеров, А. Я. Недосека, В. М. Перга, В. А. Калитенко

Метод акустической эмиссии (АЭ) в последнее время находит широкое применение для диагностики и прогнозирования разрушения различных материалов и конструкций. В этой связи весьма важным условием дальнейшего совершенствования метода АЭ является улучшение качества и надежности аппаратуры [1].

Одной из главных проблем является разработка и создание надежных и стабильных источников АЭ, которые необходимы для отладки аппаратуры. В настоящее время такие источники отсутствуют. Отсутствие таких источников АЭ привело к разработке имитаторов АЭ. Существующие различные имитаторы (разрушение стеклянного капилляра [2]; трение зерен карбида и удар мелких шариков о стальную плиту [3]; использование пьезоэлектрического преобразователя в качестве источника упругих волн, распространяющихся в исследуемом материале; возбуждение ультразвуковых колебаний твердого тела с помощью светового импульса, искрового разряда [4]) обладают недостатками, основным из которых является неидентичность сигналов, образующихся в результате воздействия вышеуказанных возбудителей, тем сигналам АЭ, которые испускаются в реальных условиях деформируемыми материалами. В какой-то мере этим условиям удовлетворяет, особенно при исследовании сварных швов, имитатор, в котором в качестве источника сигналов АЭ используется мартенситное превращение [5]. Однако такой имитатор нестабилен, в нем имеет место уменьшение интенсивности АЭ по мере увеличения циклов нагрева.

В настоящей работе предпринята попытка разработки и исследования источника сигналов АЭ, который был бы в значительной степени свободен от недостатков, присущих используемым в настоящее время имитаторам, описанным выше.

Идея нового неразрушающего способа получения сигналов АЭ заключается в использовании динамического нагружения материала при помощи мощного ультразвука. Облучая образец или часть конструкции ультразвуком регулируемой мощности, можно создавать в облучаемом теле различную степень деформации. Следовательно, можно создать такое деформированное состояние, которое сопровождается испусканием сигналов АЭ деформируемым телом без его разрушения.

Исследовалось возбуждение сигналов АЭ под воздействием динамической нагрузки посредством ультразвука в пластине из сплава АМгб, который широко применяется как конструкционный материал в промышленности. Блок-схема установки представлена на рисунке. Ультразвуковые колебания в пластине 1 возбуждаются на резонансной частоте ультразвукового преобразователя 2 из пьезокерамики ЦТС-19, $f_{рез} = 2.0$ МГц при помощи высокочастотного генератора 3. Сигналы АЭ, возникающие в пластине под действием динамической нагрузки, регистрируются пьезоприемником АЭ 4 на резонансной частоте 265 кГц. Преобразованные в электрические, сигналы АЭ подаются на вход предусилителя 5, пропускаются через блок фильтров 6, усиливаются усилителем 7 и регистрируются блоком регистрации, состоящим из осциллографа 8, самопишущего прибора 9 и счетчика электрических импульсов 10 для измерения интенсивности АЭ. Благодаря значительному отличию резонансных частот используемых пьезопреобразователей и применению блока фильтров излучаемые преобразователем 2 ультразвуковые колебания не регистрируются приемным датчиком АЭ 4.

В результате проведенных исследований установлено, что при введении в пластину 1 непрерывного ультразвука интенсивностью 8—10 Вт/см² в пластине возникают сигналы АЭ [6]. АЭ, возбуждаемая таким способом, носит пороговый характер и зависит от интенсивности вводимого в образец ультразвука. По мере увеличения интенсивности ультразвука интенсивность АЭ сверхлинейно возрастает. Нижний предел интенсивности ультразвука при котором возникают сигналы АЭ, обусловлен механическими характеристиками исследуемого материала. По своему виду АЭ вначале дискретная, а по мере увеличения интенсивности ультразвука становится непрерывной.

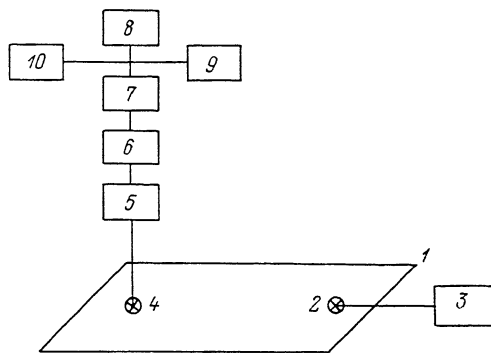
Предложенный способ получения сигналов АЭ позволяет возбуждать реальные сигналы АЭ без повреждения материала, в котором производится исследование или испытание. Способ является стабильным во времени легко управляемым источником АЭ, которая возникает непосредственно в исследуемом материале и свидетельствует о напряженном состоянии в начале площадки текучести. Использование такого способа получения сигналов АЭ дает

возможность производить калибровку приемных датчиков АЭ в условиях, максимально приближенных к реальным.

Однако имитация сигналов АЭ имеет существенное значение не только для калибровки приемных датчиков АЭ, но и для настройки акустоэмиссионных систем контроля целостности материалов и конструкций, которые не только фиксируют возникновение дефектов, но и определяют координаты местоположения дефектов. В описанном выше способе получения сигналов [6] остается неизвестным местоположение источника АЭ, испускающего сигналы АЭ под действием введенного в образец ультразвука. Источник АЭ может быть расположен как непосредственно под излучающим ультразвуком преобразователем, так и вне его по пути распространения ультразвуковых колебаний по образцу. Следовательно, в этом случае нельзя производить калибровку систем по локации источника АЭ. Кроме того, для определения времени прохождения сигнала АЭ от источника до приемного датчика необходимо осуществлять возбуждение сигналов АЭ в импульсном режиме.

Поставленная задача получения сигналов АЭ в импульсном режиме с фиксированным местоположением источника АЭ реализуется при одновременном ультразвуковом и тепловом воздействии на материал [7]. Нагрев приводит к снижению порога пластической деформации материала в сторону меньших механических напряжений. С целью фиксирования местоположения источника АЭ осуществляется дополнительная локальная термоактивация АЭ в определенном месте исследуемого образца, а именно в области, контактирующей с излучателем ультразвука. Это дает возможность при импульсном воздействии ультразвука на материал, обусловленном воздействием на излучающий ультразвуковой преобразователь радиоимпульса с частотой заполнения, равной резонансной частоте преобразователя, создать в материале напряжения, вызывающие сигналы АЭ. Температура, до которой нагревается контактирующая с преобразователем область материала, зависит от исследуемого материала и выбирается различной в каждом конкретном случае в зависимости от характеристики напряжения—деформация исследуемого материала. Например, для АМГб температура, до которой нагревалась контактирующая с ультразвуковым излучателем область пластины, была $\sim 80^\circ\text{C}$. Это позволило возбуждать сигналы АЭ в пластине АМГб при импульсном воздействии ультразвука на пластину непосредственно под преобразователем. Длительность радиоимпульса ~ 50 мкс, напряжение на преобразователе ~ 30 В. Исследования показали стабильную работу устройства, реализующего способ в течение продолжительного промежутка времени. При этом зависимость амплитуды испускаемых сигналов АЭ от времени не наблюдалась.

Предложенный способ дает возможность получения сигналов АЭ непосредственно в объектах, в которых предполагается использование акустоэмиссионной контролирующей аппаратуры, без повреждения объектов. Научно-технический эффект такого способа получения сигналов АЭ заключается в повышении достоверности и стабильности, а также производительности источника сигналов АЭ независимо от количества циклов нагружения и времени работы устройства, что достигается применением для реализации способа высокопроизводительных и стабильных в работе радиоэлектронных устройств.



Блок-схема установки для исследования акустической эмиссии, возбуждаемой ультразвуком.

Литература

- [1] Патон Б. Е. Диагностика и прогнозирование разрушения сварных конструкций. Киев: Наукова думка, 1985, в. 1, с. 3—7.
- [2] Lord A. E. Physical Acoustic, ed. by W. P. Mason and R. N. Thurston. New York; London: Academic Press, 1981, v. 15, p. 295.
- [3] Pardee W. J., Graham L. J. JASA, 1978, v. 63, N 3, p. 793—799.
- [4] Грешиников В. А., Дробот Ю. Б. Акустическая эмиссия. М.: Изд-во стандартов, 1976. 272 с.
- [5] Evans A. G., Linzer M., Russell I. R. Mater. Sci. Eng., 1974, v. 15, p. 253—261.
- [6] Патон Б. Е., Кучеров И. Я., Недосека А. Я. и др. А. с. 1280533. — Оpubл. в Б. И., 1988, № 48.

КАПИЛЯРНО-ГРАВИТАЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛАЗЕРНОМ НАГРЕВЕ

С. А. Визнюк, А. Т. Суходольский

В последние годы все больший интерес вызывают исследования процессов самоорганизации в открытых системах [1]. Классическим примером по наблюдению процессов самоорганизации стали опыты Бенара [2]. Имеется большое количество работ по теории бенаровской неустойчивости жидкости, начало которым положила работа Рэлея [3]. Появление пространственной периодической структуры в жидкости связывалось с минимальным критическим числом Рэлея, характеризующим условия, при которых жидкость из состояния покоя переходит в движение. Такой переход возможен только при пространственно-однородном в горизонтальной плоскости нагреве [4]. В дальнейшем было показано, что для интерпретации опытов Бенара необходимо привлекать капиллярные силы, связанные с градиентом поверхностного натяжения [5].

В данной работе сообщается о наблюдении нового типа неустойчивости слоя жидкости, возникающей при непрерывном лазерном нагреве, которая приводит к упорядоченному во времени периподическому движению жидкости. Интерпретация эксперимента дается на основе модели диссипативной структуры — «циркулятора», введенной для описания динамики лазерного нагрева, теплопередачи и движения жидкости под действием гравитационных и капиллярных сил.

Эксперимент проводился с использованием многомодового излучения аргонового лазера ЛГН-404А с мощностью излучения до 1 Вт. Лазерное излучение направлялось снизу на чашку Петри с поглощающей жидкостью через линзу с фокусным расстоянием ~ 15 см.

В качестве поглощающих веществ использовались различные маслоподобные жидкости: гиподное и трансформаторное масла с коэффициентами поглощения $4-7$ см $^{-1}$ на длине волны аргонового лазера. Под действием лазерного нагрева возникали объемная и поверхностная капиллярная термодинамика, что приводило к значительной дефокусировке лазерного излучения. Движение жидкости наблюдалось в микроскоп, для чего в нее вводились частицы алюминиевой пудры. Для исследования временной динамики проходящего через слой жидкости излучения применялся фотодиод с диафрагмой, помещенный в конус прошедшего лазерного излучения, сигнал с которого подавался на самописец и частотомер.

Проявление неустойчивости движения жидкости состояло в том, что при некотором пороговом значении толщины слоя (и/или мощности накачки) движение от стационарного переходило в упорядоченный периодический режим. На рис. 1 представлена типичная временная зависимость оптического сигнала, регистрируемого фотодиодом, а в таблице — измеренная зависимость частоты периодического движения от толщины слоя жидкости. Следует заметить, что измеренная стабильность частоты при фиксированных условиях эксперимента составляла величину не хуже 5 %, а колебательный процесс носил характер, присущий нелинейным колебаниям [1].

Эксперимент интерпретируется на основе модели диссипативной структуры — «циркулятора», описывающей основные составляющие тепло- и массопереноса под действием гра-