

ПОИСК КРИТЕРИЯ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Суржиков В.П.¹, Хорсов Н.Н.¹

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, iva1954@mail.ru

В работе исследована электромагнитная эмиссия, стимулированная акустическими импульсами, наблюдаемая в образцах из эпоксидной смолы с песчаным наполнителем при одноосном ступенчатом сжатии вплоть до разрушения. В ходе экспериментов с помощью платы сбора информации измерялись временные реализации откликов от источников механоэлектрических преобразований при каждом фиксированном значении нагрузки. Использовались линейный и нелинейный режимы нагружения образцов. При анализе использовались отклики, усредненные по всей временной реализации при многократном акустическом возбуждении. Проведен сравнительный анализ зависимости коэффициента усредненных откликов от давления с зависимостями нагрузки от времени. Такое сравнение экспериментальных результатов позволило определить совокупный параметр, изменение которого отражает характер изменения действующих нагрузок. Найденный параметр предлагается использовать в качестве критерия контроля напряженно-деформированного состояния изделий и конструкций из диэлектрических материалов.

Ключевые слова: электромагнитная эмиссия, напряженно-деформированное состояние, критерий контроля

SEARCH CRITERIA CONTROL THE STRESS-STRAIN STATE OF THE DIELECTRIC STRUCTURES

Surzhikov V.P., Khorsov N.N.

National Research Tomsk Polytechnic University 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30, iva1954@mail.ru

It was researched the electromagnetic emission, stimulated acoustic pulses observed in samples of epoxy resin filled with sand under uniaxial compression stepped up to the failure. During the experiments we measured responses time realizations from sources of mechanoelectric transformations in the sample for each fixed value of the load, using the information collection card. We used linear and nonlinear modes of loading samples. The analysis used the responses averaged over the entire time series with multiple acoustic excitation of the sample. It was carried out a comparative analysis of the dependence of the average responses from pressure load versus time. Such a comparison of the experimental results allowed to define a set of parameters whose variation reflects the nature of the change of operating loads. Found parameter is proposed to use as a criterion for monitoring the stress-strain state of the products and designs of dielectric materials.

Keywords: electromagnetic emissions, the stress-strain state, the criterion of control

Явление электромагнитной эмиссии диэлектрических материалов привлекает внимание исследователей возможностями его практического применения в методах неразрушающего контроля дефектности и напряженно-деформированного состояния [2–8]. Электромагнитная эмиссия определяется наличием в материалах источников механоэлектрических преобразований (МЭП) и взаимодействием акустических колебаний с ними.

Суть метода заключается в следующем. В объекте исследования возбуждается акустическая волна, которая, распространяясь по материалу, отражается от границ и претерпевает искажения, связанные с его внутренней дефектностью и неоднородностью, воздействует на источники МЭП. При этом возникает переменное электромагнитное поле, которое можно регистрировать по электрической или магнитной составляющей. Источниками МЭП в диэлектрических материалах могут быть двойные электрические слои

на границе раздела разнородных материалов, дефекты разного рода в виде, например, пор, трещин, локальные градиенты плотности материала в условиях напряженно-деформированного состояния, включения с пьезоэлектрическими свойствами.

Целью настоящей работы является определение критерия, закономерно отражающего напряженно-деформированное состояние (НДС) исследуемых материалов.

Материал и методика исследования

Описание методики измерений приведено в работах [2, 3, 5-8].

Эксперименты проводились на образцах из эпоксидной смолы размером $6 \times 7.8 \times 9.2 \text{ см}^3$ с песчаным наполнителем. Измеренная скорость распространения продольных волн в этих образцах составила 1800 м/сек. Пьезоэлектрический источник расположен на грани образца размером $6 \times 9.2 \text{ см}^2$. Емкостной датчик установлен параллельно грани образца размером $9.2 \times 7.8 \text{ см}^2$ на расстоянии 0.1 см от поверхности.

Образцы подвергались одноосному сжатию со стороны грани образца размером $6 \times 7.8 \text{ см}^2$ на испытательной машине МИС – 500К. Нагрузка увеличивалась от 0 кН вплоть до разрушения ступенчато с шагом 20 кН. В экспериментах при каждом фиксированном значении нагрузки с помощью платы сбора информации NI PCI - 6133 регистрировалась временная реализация откликов от источников МЭП при их активации 140 акустическими импульсами, следующих с периодом 7 мс. Частоты спектра акустического импульса располагаются в диапазоне от 50кН до 125кН [4]. При последующем анализе использовались отклики, усредненные по всей временной реализации. Дисперсия в экспериментах не превышала 5%.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментов и анализа приведены на рисунках 1-4.

Наиболее оптимальным параметром, выбранным в качестве критерия контроля изменений, происходящих в объекте под действием нагрузок, было определено значение амплитуды при частоте равной нулю K_i амплитудно – частотной характеристики функции $R_i = A_o * A_i - A_o * A_o$. A_o – отклик МЭП при нагрузке, равной нулю. A_i – отклик МЭП для текущей нагрузки i

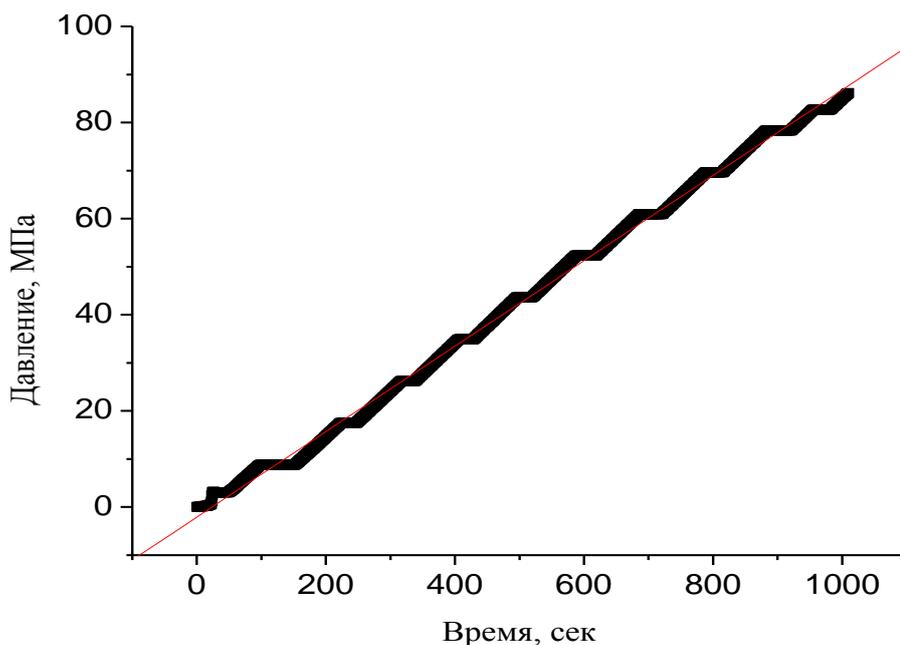


Рис. 1. Зависимость давления, действующего на образец №1, от времени

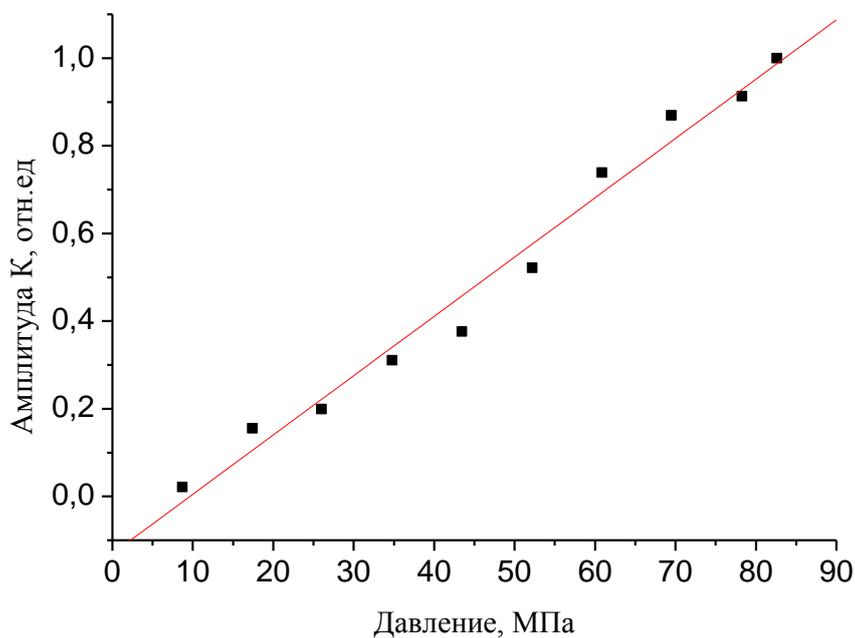


Рис. 2. Зависимость параметра К от давления для образца №1

На рисунке 1 и рисунке 2 приведены нагрузочная зависимость и зависимость параметра К от приложенного давления соответственно для образца №1. Видно, что обе зависимости имеют линейный характер. Исходя из этого сделано заключение, что характер нагружения определяет характер зависимости параметра К от давления. Такое заключение

подтверждают результаты экспериментов на образце №2 (рис. 3 и рис. 4). В этом случае давление на образец во времени линейно увеличивалась до 52 МПа. Выше 52 МПа после каждого увеличения давление поддерживалось постоянным какой-то промежуток времени. Зависимость К от давления до 52 МПа также линейна с особенностью на 17 МПа. Затем до 71 МПа наблюдается провал на зависимости и вновь линейность вплоть до разрушения. Таким образом, и в случае нелинейной зависимости нагружения от времени характер нагружения определяет характер зависимости параметра К от давления.

Резкое изменение значения параметра К на 17 МПа может быть объяснена концентрацией напряжений в зоне уже существующих в объеме образца дефектов. Провал на зависимости от 52 МПа до 71 МПа объясняется релаксационными процессами в объеме, связанные с интенсивным движением и размножением дислокаций, образованием микротрещин.

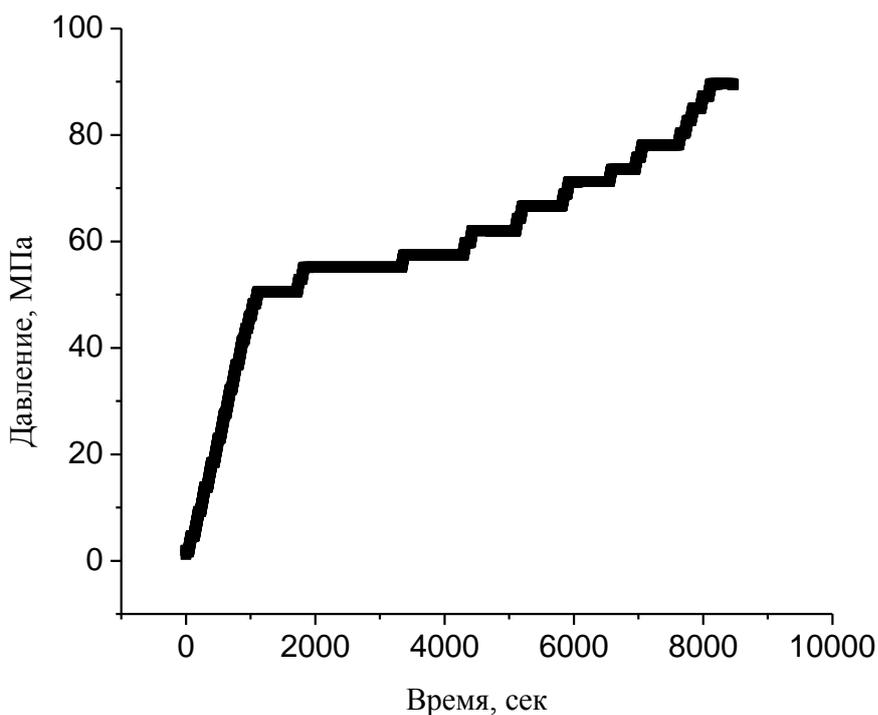


Рис. 3. Зависимость давления, действующего на образец №2, от времени

При проведении анализа экспериментальных данных привлекло внимание следующее. Известно [1], что весь процесс деформирования твердых тел сопровождается акустической эмиссией, уровень которой увеличивается с увеличением скорости деформации.

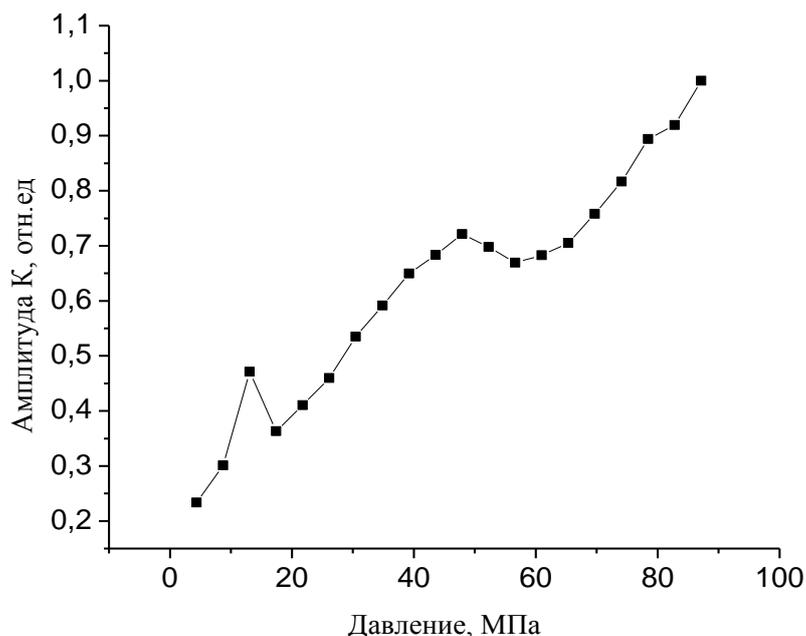


Рис. 4. Зависимость параметра К от давления для образца №2

Причем для образцов с дефектом характерно присутствие дополнительного максимума акустической эмиссии при нагрузках, существенно меньших уровня максимальных значений. Напряжение, при котором возникает этот максимум, зависит от формы и размеров дефектов. Второй максимум в дефектных образцах появляется при напряжении, которому соответствует максимум в бездефектных образцах.

Сравнение закономерности изменения параметра К от нагрузки с закономерностью поведения акустической эмиссии от нагрузки позволяет говорить об их общей направленности и зависимости от одних и тех же физических процессов, происходящих в твердых телах под нагрузкой.

Выводы или заключение

Таким образом, характер нагружения определяет характер зависимости параметра К от давления. Полученный результат предполагает использование совокупного параметра К в качестве критерия контроля напряженно-деформированного состояния изделий и конструкций из диэлектрических материалов. Кроме того, общность закономерности изменения параметра К от нагрузки с закономерностью поведения акустической эмиссии от нагрузки, позволяет предположить совокупный вклад в генерацию электромагнитной эмиссии как зондирующего акустического импульса, так и импульса акустической эмиссии.

Список литературы

1. Ботаки А.А., Ульянов В.А., Шарко А.В. Ультразвуковой контроль прочностных свойств конструкционных материалов. – М: Машиностроение, 1983. – 79 с.
2. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н. Влияние напряженно-деформированного состояния образца на параметры электромагнитной эмиссии при импульсном акустическом возбуждении // Контроль. Диагностика. – 2012. - №. 11(173). – С. 69-71.
3. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н. Влияние объемной дефектности на пространственно-временные характеристики электромагнитного отклика при акустоэлектрических преобразованиях в диэлектрических образцах // Дефектоскопия. – 2012. - №. 2. – С. 15-20.
4. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н., Васендина Е.А., Наманжув Э.Д. К вопросу о спектральной чувствительности метода механоэлектрического преобразования при контроле напряженно-деформированного состояния // Контроль. Диагностика. – 2012 - №. 13 – С. 73-77.
5. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н. Мультисенсорная система для исследования дефектности диэлектрических материалов // Контроль. Диагностика. – 2011.- № 11 (161). – С. 17-20.
6. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н. О возможности использования мультисенсорной системы контроля для исследования дефектности диэлектрических материалов при одноосном сжатии // Известия вузов. Физика. – 2013. – Т. 56. - №. 1/2. – С. 261-264.
7. Суржиков В.П., Хорсов Н.Н., Хорсов П.Н. О возможности использования мультисенсорной системы контроля для исследования электромагнитной эмиссии из образца под нагрузкой // Дефектоскопия. – 2013. - №. 11. – С. 67-71.
8. Фурса Т.В., Хорсов Н.Н., Батулин Е.А. Источники акустоэлектрических преобразований в бетонах. // ЖТФ. – 1999. – Т. 99. – Вып. 10. – С. 51-55.

Рецензенты:

Гынгазов С.А., д.т.н., в.н.с., Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск;

Фурса Т.В., д.т.н., в.н.с., Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск.