

08

## **К вопросу о механизме механоэлектрических преобразований в композиционных материалах**

© Т.В. Фурса, Н.Н. Хорсов, Д.Б. Романов

Томский политехнический университет

Поступило в Редакцию 17 апреля 2001 г.

Показано, что электромагнитный отклик при ударном возбуждении высокоомных композиционных материалов может иметь три составляющие: первая составляющая определяется изменением дипольного момента при приближении бойка к поверхности образца, имеющего случайный поверхностный или объемный заряд; вторая связана с электризацией материала в точке удара, а третья определяется механоэлектрическими преобразованиями на границе раздела матрицы и заполнителя.

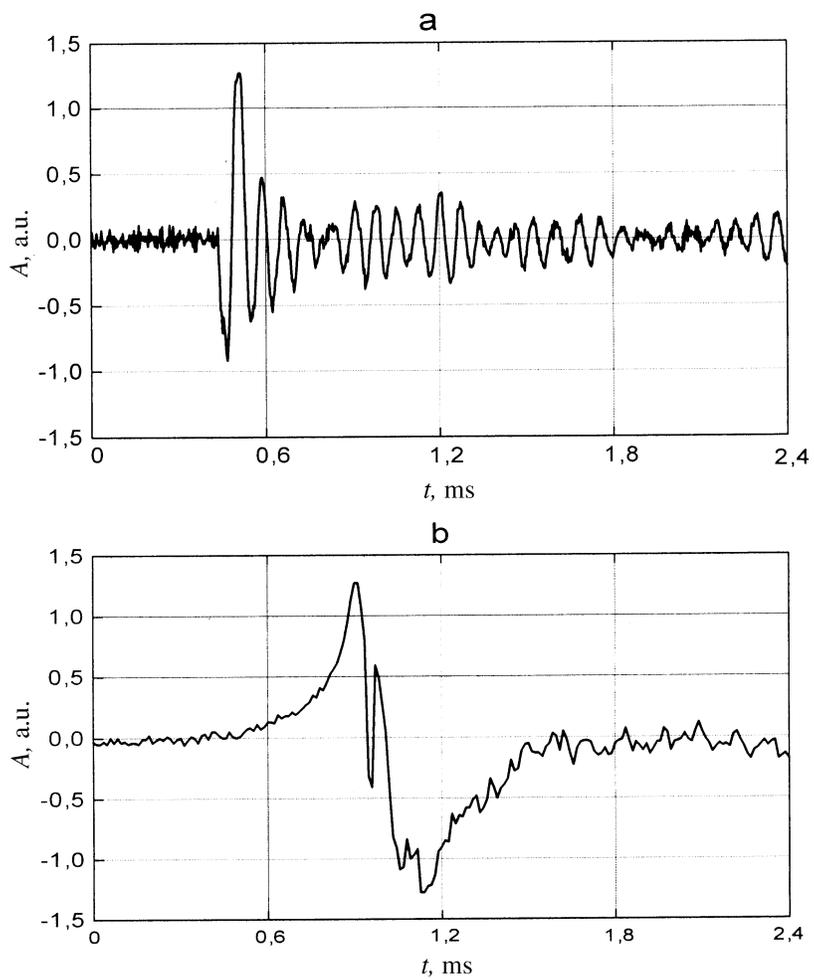
Известно, что при механическом возбуждении диэлектрических материалов наблюдается возникновение электромагнитного сигнала [1]. В работах [2,3] приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований основных закономерностей, источников и механизмов механоэлектрических преобразований в бетонах. Показана связь между параметрами электромагнитного отклика и его прочностью [4]. Вместе с тем было установлено, что не все составляющие сигнала связаны с прочностью. По отношению к полезному с точки зрения определения прочности сигналу эти составляющие отклика носят характер шума и, следовательно, ухудшают качество алгоритма. В данной работе приведены новые экспериментальные результаты по исследованию механизмов механоэлектрических преобразований в композиционных материалах при ударном возбуждении с целью уточнения алгоритма разрабатываемого неразрушающего электромагнитного метода контроля прочности материалов.

Эксперимент проводился следующим образом. По поверхности испытываемого образца производился динамический удар электромеханическим ударным устройством, осуществляющим однократный нормированный по силе удар с длительностью импульса возбуждения

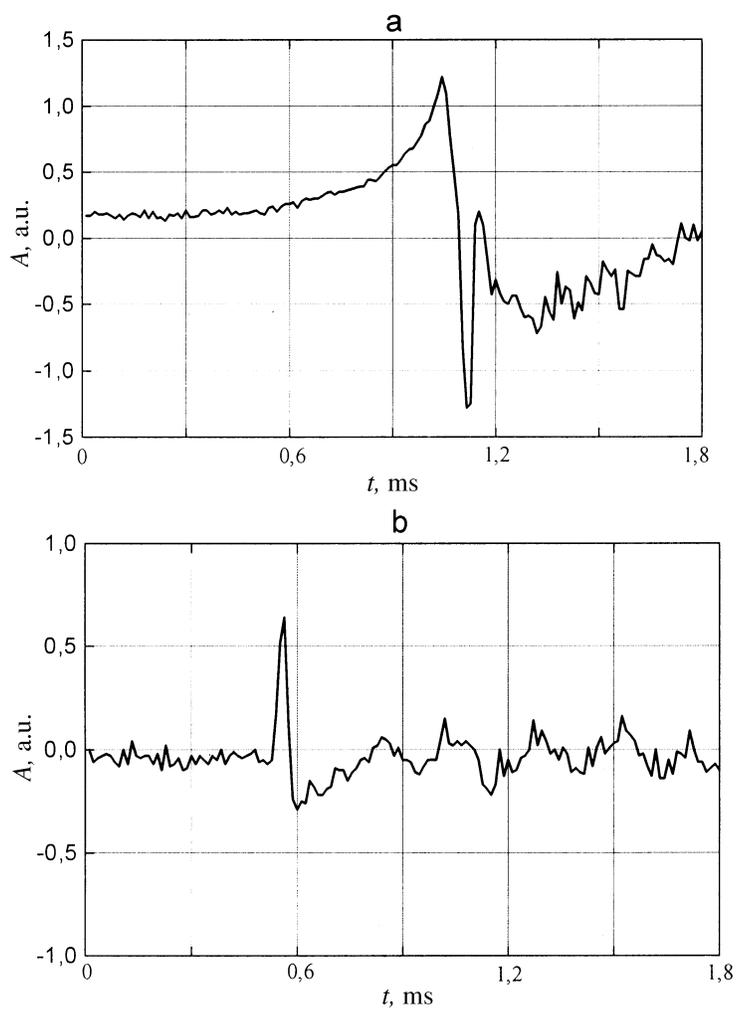
порядка  $3 \cdot 10^{-5}$  с и скоростью ударяющего тела-бойка порядка 2 м/с. Регистрация электромагнитного отклика производилась с помощью прибора "EMISSION" [5], позволяющего производить запуск ударного устройства и осуществлять оцифровку электромагнитного отклика на произведенное воздействие. В процессе проведения экспериментов приемники сигналов и ударное устройство располагались относительно образца всегда одинаковым образом.

В результате проведенных исследований различных гетерогенных материалов было замечено, что при ударном возбуждении некоторых материалов, например силикатной керамики, некоторых природных минералов и определенного состава асфальтобетонов, регистрируются электромагнитные отклики, отличающиеся по форме от электромагнитных сигналов, возникающих при испытании бетонов. На рис. 1 приведены формы электромагнитных откликов, зарегистрированных при ударном возбуждении бетона и керамики. Из рисунка видно, что электромагнитный отклик из керамики имеет более пологий передний фронт по сравнению с откликом из бетона. Исходя из ранее проведенных исследований было установлено, что процесс механоэлектрических преобразований в бетонах протекает в два этапа: первый — электризация материала в точке удара и второй — механоэлектрические преобразования на границе раздела матрицы и заполнителя [6]. Наличие медленно нарастающего переднего фронта сигнала при испытании высокоомных керамических материалов может быть связано с наличием на поверхности или в объеме некоторых материалов нескомпенсированного заряда. Изменение дипольного момента при приближении бойка к заряженной поверхности приводит к возникновению в измерительной цепи электрического тока. В пользу этого предположения свидетельствует временная зависимость сигнала при приближении бойка к поверхности, имеющая экспоненциальный характер.

Чтобы убедиться в правильности высказанного предположения, был проведен следующий эксперимент. На поверхность испытуемого образца наносился заземленный электрод, а затем был произведен удар и зарегистрирован электромагнитный отклик. На рис. 2 приведены формы электромагнитных сигналов, зарегистрированных при ударном возбуждении одного и того же образца керамики с электродом и без него. Из рисунка видно, что характер изменения переднего фронта электромагнитного отклика в этих случаях имеет значительные различия. При ударе по образцу с электродом электромагнитный отклик имеет более крутой



**Рис. 1.** Типичные формы электромагнитных откликов при ударном возбуждении образцов: *a* — бетона и *b* — керамики.



**Рис. 2.** Типичные формы электромагнитных откликов при ударном возбуждении образцов керамики: *a* — без электрода и *b* — с электродом.

передний фронт по сравнению с откликом от образца без заземленного электрода. Были проведены прямые измерения величины зарядов в исследуемом образце керамики и в бетонном образце с использованием методики вибрирующего электрода [7] и установлено, что на поверхности образца керамики имеется поверхностный заряд, плотность которого составляет  $\approx 10^{-12}$  C/cm<sup>2</sup>, в то время как в бетонных образцах заряда зарегистрировать не удалось.

Следовательно, при используемой нами методике ударного возбуждения материала электромеханическим ударным устройством, осуществляющим удар с помощью подвижного металлического бойка, наличие в образце поверхностного или объемного заряда приводит к появлению помеховой составляющей сигнала. Использование заземленного электрода позволяет исключить этот вид помехи.

## Список литературы

- [1] Гордеев В.Ф., Малышков Ю.П., Чахлов В.Л., Фурса Т.В., Биллер В.К., Елисеев В.П. // ЖТФ. 1994. Т. 64. В. 4. С. 57–67.
- [2] Фурса Т.В., Ласуков В.В., Малышков Ю.П., Гордеев В.Ф. // Изв. вузов. Сер. Строительство. 1997. № 10.
- [3] Фурса Т.В., Хорсов Н.Н., Батулин Е.А. // ЖТФ. 1999. Т. 69. В. 10. С. 51–55.
- [4] Чахлов В.Л., Малышков Ю.П., Гордеев В.Ф., Фурса Т.В., Чахлов Б.В., Картопольцев В.М. // Изв. вузов. Сер. Строительство. 1995. № 5–6. С. 54–58.
- [5] Гордеев В.Ф., Елисеев В.П., Малышков Ю.П., Чахлов В.Л., Кренинг М. // Дефектоскопия. 1994. № 4. С. 48–54.
- [6] Фурса Т.В. // ЖТФ. 2001. Т. 71. В. 7.
- [7] Reedyk C.W., Pelman M.M. // J. Electrochem. Soc.: Solid State Science. 1968. V. 115. N 1. P. 49–51.