

05;12

Влияние размера заполнителя на эффективность механоэлектрических преобразований в бетонах

© Т.В. Фурса, В.Ф. Гордеев

Томский политехнический университет

Поступило в Редакцию 18 мая 1999 г.

Приведены исследования механоэлектрических преобразований в бетонах с использованием метода физического моделирования. Показано, что влияние размера заполнителя на эффективность механоэлектрических преобразований в бетонах является определяющим. Установлена зависимость амплитуды электромагнитного отклика на ударное возбуждение от площади поверхности включения.

Проведенными ранее исследованиями показано, что при механическом возбуждении многокомпонентных гетерогенных материалов, состоящих из вяжущего и заполнителя (в частности, бетонов), возникает электромагнитная эмиссия, эффективность которой определяется наличием в материале заполнителя и качеством его адгезионного контакта с матрицей [1–3]. Задачей данной работы являлось исследование влияния размеров заполнителя на эффективность механоэлектрических преобразований в бетонах.

Для решения поставленной задачи выполнены специальные эксперименты с использованием метода физического моделирования. Была изготовлена партия модельных образцов размером $5 \times 5 \times 10$ mm, состоящих из цементного камня, в который помещались различные включения, в частности металлические пластины, силикатное стекло, керамика, резина и картон различного геометрического размера. Включения были выбраны, с одной стороны, по принципу различия эффективности механоэлектрических преобразований, т.е. сами включения, такие как стекло и керамика, имеют достаточно высокую эффективность механоэлектрических преобразований (МЭП), а металлы, резина и картон имеют очень низкую эффективность МЭП. С другой стороны, эти включения отличаются по физико-механическим характеристикам.

Следует отметить, что для исключения влияния цементной матрицы на условия прохождения акустической волны через образец партия изготовлена из одного ручного замеса цементно-песчаной смеси. Вся партия образцов изготавливалась в одной форме, разделенной перегородками на секции.

Исследования механоэлектрических преобразований осуществлялись с помощью прибора "EMISSION" [4]. Испытания проводились следующим образом: с помощью специального электромеханического ударного устройства производился однократный, нормированный по силе, удар по поверхности испытываемого образца и с помощью емкостного электрического приемника, установленного на расстоянии 5 mm от поверхности, регистрировался электромагнитный отклик. Использование ЭВМ позволяло производить автоматический запуск, оцифровку и запоминание сигналов.

Испытания модельных образцов, состоящих из цементного камня и единичного включения, показали, что все вышеперечисленные образцы обладают достаточно высокой эффективностью МЭП. Следует отметить, что при ударном возбуждении модельных образцов, состоящих из чистого цементного камня без включений, электромагнитный отклик практически не регистрируется. Следовательно, какими бы механическими и акустоэлектрическими свойствами не обладали включения, помещение их в цементно-песчаную смесь приводит к значительному увеличению эффективности МЭП по сравнению с чистым цементным камнем.

Установлено, что размер включения (площадь) является определяющим в изменении амплитуды электромагнитного отклика на ударное возбуждение (рис. 1). В приведенную зависимость сведены включения, имеющие различную эффективность МЭП и отличающиеся по физико-механическим свойствам (металл, стекло, керамика, резина, картон).

Из рис. 1 видно, что амплитуда электромагнитного отклика увеличивается пропорционально увеличению размера включения. Математическая обработка показала, что эта зависимость описывается уравнением

$$A = k \cdot (-14.4 + 9.3 \cdot S^{0.5}),$$

где A — амплитуда электромагнитного отклика, а.у.; S — площадь включения, mm^2 ; k — размерный коэффициент, mm^{-2} .

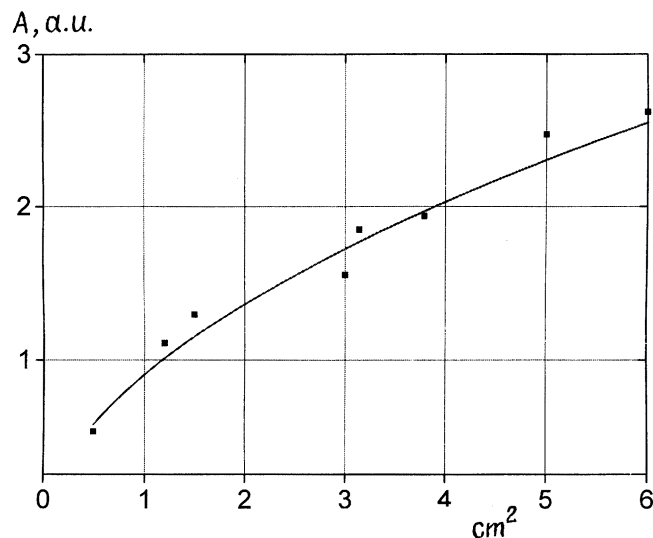


Рис. 1. Зависимость амплитуды электромагнитного отклика от площади помещенного в цементный образец включения.

Исходя из этой формулы, путем аппроксимации кривой до нулевых значений амплитуды можно оценить минимальную площадь включения, приводящую к появлению сигнала электромагнитной эмиссии, регистрируемую нашей аппаратурой, она составляет 14.4 mm^2 . Из этих исследований становится понятно, почему мы не регистрируем электромагнитный отклик из цементного камня. Песок, входящий в состав цементного камня, имеет гораздо меньшие, чем 14.4 mm^2 , размеры.

Установленная зависимость амплитуды электромагнитного отклика от площади поверхности раздела фаз доказывает тот факт, что, по крайней мере, в формировании импульсного электромагнитного сигнала роль этих границ безусловна. Генерирование электромагнитной эмиссии может быть связано с изменением дипольного момента двойного электрического слоя на границе раздела матрицы и включения при прохождении через образец упругой волны, возбуждаемой ударным устройством. Поверхностная энергия и энергия двойного электрического слоя пропорциональна площади (S). С другой стороны, энергия сигнала пропорциональна квадрату амплитуды (A^2), следовательно за-

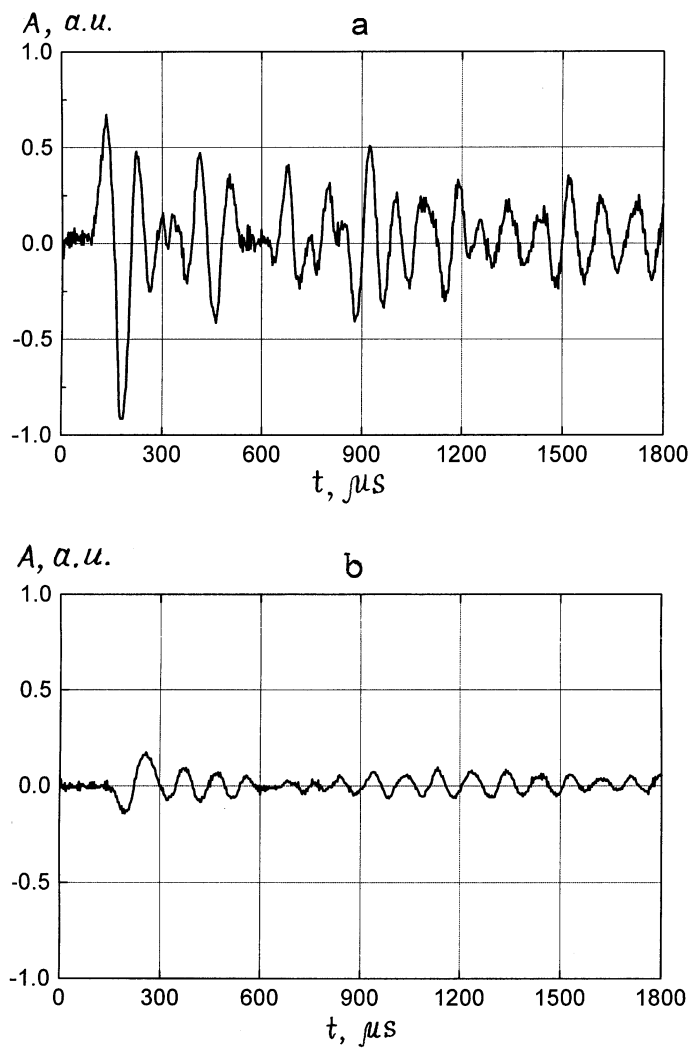


Рис. 2. Электромагнитные отклики, зарегистрированные при испытании цементных образцов, в которые вложены одиночные зерна гравия с размерами: *a* — $35 \times 35 \times 20$ mm и *b* — $12 \times 9 \times 6$ mm.

висимость $A \approx S^{0.5}$ может служить доказательством в пользу адгезионного механизма электромагнитной эмиссии при ударном возбуждении многокомпонентных гетерогенных материалов, состоящих из цементной основы и включения.

Результаты, полученные на модельных образцах, состоящих из цементной основы и искусственных включений, были проверены на модельных образцах бетона, в которые помещались единичные зерна гравия различных геометрических размеров. На рис. 2 представлены осциллограммы электромагнитных откликов, зарегистрированные при испытании цементных образцов, в которые вложены зерна гравия, существенно отличающиеся по геометрическим размерам. Показано, что с увеличением размеров зерна гравия наблюдается рост амплитуды электромагнитного отклика. Оценки соотношения площадей поверхности зерен гравия и амплитуд электромагнитных откликов из модельных образцов, в которые вложены эти зерна, укладываются в ту же зависимость $A \approx S^{0.5}$.

Проведенные исследования показали, что эффективность механоэлектрических преобразований в бетонах повышается с увеличением размера включения. Показано, что при площади включения меньше 14.4 mm^2 эффективность механоэлектрических преобразований в бетонах равна нулю, по крайней мере при используемой нами чувствительности регистрирующей аппаратуры. Установленная взаимосвязь амплитуды электромагнитного отклика с площадью поверхности включения свидетельствует в пользу механизма генерирования электромагнитной эмиссии двойным электрическим слоем на границе цементной матрицы и заполнителя.

Список литературы

- [1] Малышков Ю.П., Фурса Т.В., Гордеев В.Ф., Картопольцев В.М., Черных Г.Ф. // Изв. вузов. Строительство. 1996. № 12. С. 31–37.
- [2] Фурса Т.В., Ласуков В.В., Малышков Ю.П., Гордеев В.Ф., Картопольцев В.М. // Изв. вузов. Строительство. 1997. № 10.
- [3] Фурса Т.В., Хорсов Н.Н., Батулин Е.А. // ЖТФ. 1999. № 10.
- [4] Гордеев В.Ф., Елисеев В.П., Малышков Ю.П., Чахлов В.Л., Кренинг М. // Дефектоскопия. 1994. № 4. С. 48–54.