

Рисунок 2 полюсные фигуры из сплавов Mg-Li-Al-Zn(а), Mg-Li-Al-Zn-0.4Y(б) и Mg-Li-Al-Zn-2.0Y(в)

### Вывод

- (1) Иттрий может изменять кристаллографическую текстуру магниевых сплавов при малых содержаниях.
- (2) При содержании иттрия 2.0 мас. % получается небазисная текстура, которая редко присутствует в магниевых сплавах.

### Благодарность

Авторы выражают благодарность за поддержку Нинбоского естественного научного фонда (20140A610054).

УДК 625.865, УДК 543.257

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

Канд. хим. наук Бондаренко С.Н.<sup>1)</sup>, асп. Чулкин П.В.<sup>2)</sup>, канд. хим. наук Рагойша Г.А.<sup>3)</sup>, ст. Коликов А.О.<sup>1)</sup>, канд. хим. наук Бондаренко А.С.<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2)</sup>Белорусский государственный университет

<sup>3)</sup>НИИ физико-химических проблем БГУ,

<sup>4)</sup>Мюнхенский технический университет

E-mail: Ander250@mail.ru

**Abstract.** APPLICATION OF IMPEDANCE SPECTROSCOPY METHOD FOR MONITORING OF CEMENT CONCRETE SOLIDIFICATION PROCESSES. Modern tendencies of road building suppose application of cement concrete materials. Experience of cement concrete usage reveals importance of solidification control. Cement concrete conglomerate is the base of road cover. During the process of cement concrete conglomerate formation and exploitation solidification and corrosion processes monitoring is required. Impedance spectroscopy method has been proposed as an instrument for solution of the problem mentioned.

**Аннотация.** Современные тенденции дорожного строительства предполагают использование цементобетонных материалов. Практика использования цементобетона показывает актуальность контроля и управления процессом твердения. В процессе формирования и эксплуатации цементобетонного конгломерата, составляющего основу дорожного покрытия, возникает необходимость мониторинга процесса твердения и разрушения. В качестве инструмента для решения данной задачи, нами был предложен и опробован метод импедансной спектроскопии.

Одним из перспективных направлений в обеспечении сохранности и увеличения сроков службы дорожных одежд является строительство автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями. Современные тенденции обеспечения качества дорожного строительства предусматривают необходимость контроля и управления процессами твердения и последующего разрушения материала в процессе формирования и эксплуатации цементобетонного конгломерата, составляющего основу дорожного покрытия.

Актуальность мониторинга процессов формирования и разрушения цементобетонных материалов показывает и многолетняя практика эксплуатации автомобильных дорог на их основе.

В качестве инструмента для решения данной задачи, нами был предложен и опробован метод импедансной спектроскопии.

Для проведения испытаний были изготовлены экспериментальные образцы цементобетона в виде стандартных балочек размерами 40x40x160 мм, которые соответствовали общепринятым размерам образцов для испытаний цемента, но были некоторым образом модифицированы для реализации возможности проведения электрохимических измерений. С целью контроля влияния возможных различий потенциалов электродов на частотные характеристики отклика образцов цементобетона на переменном токе, а также исследования эффектов, связанных с различием расстояний между электродами, каждый исследуемый блок снабжался четырьмя стальными электродами, которые располагались в один ряд. В качестве мелкого заполнителя были использованы фракционированный кварцевый песок и гранитные отсевы с размером частиц от 0,63 до 2,5 мм. Твердение образцов (цементного теста с минеральным наполнителем), приготовленных таким образом, проводилось в ванне с гидравлическим затвором в течение 28 суток.

Комплексная величина импеданса измерялась с использованием потенциостата Gamry G300, а анализ спектров и расчет параметров эквивалентной схемы проводился с использованием программы EIS Spectrum Analyzer.

На основании анализа зависимости сопротивления (импеданса) от частоты переменного тока и сравнения спектров импеданса, полученных для образцов цементобетона с минеральными порошковыми наполнителями различной природы и гранулометрического состава, выявлены тенденции изменения параметров спектра при твердении и последующем контакте с влагой для образцов каждого типа.

Предложена эквивалентная электрическая схема (рис. 1), позволяющая характеризовать закономерности и особенности физико-химических процессов, сопровождающихся переносом заряда в цементобетонном конгломерате. Метод эквивалентных электрических схем широко используется для анализа спектров импеданса. Он заключается в установлении эквивалентной электрической схемы, которая должна соответствовать предполагаемому механизму переноса заряда, а рассчитываемый ее спектр должен максимально соответствовать экспериментально полученному спектру исследуемой системы. Переносу заряда через электропроводящие слои соответствует элемент сопротивления  $R_1$ . Переносу заряда за счет диффузии заряженных частиц в объеме материала соответствует специфический элемент диффузионного импеданса, не имеющий аналога в физических электрических схемах. Блок из параллельно соединенных резистора  $R_2$  и конденсатора  $C$  соответствует переносу заряда, сопровождающемуся осцилляцией объемного заряда при прохождении переменного тока, например, при адсорбции заряженных частиц на поверхности твердой электропроводящей фазы.

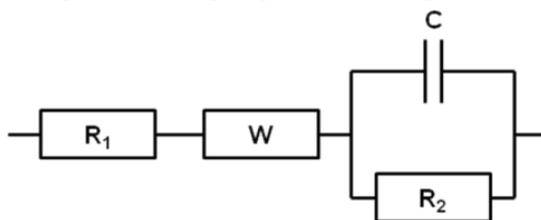


Рис. 1. Эквивалентная схема, установленная при анализе спектров импеданса, характеризующая перенос заряда в объеме материала.  $R_1$  и  $R_2$  – элементы сопротивления (резисторы),  $C$  – элемент емкости (конденсатор),  $W$  – элемент диффузионного импеданса (не имеет аналога в физической электрической схеме)

В работе показана принципиальная возможность использования импедансной спектроскопии для решения некоторых актуальных задач в области технологии цементобетона, в частности, для обоснования возможности использования некоторых видов техногенных отходов (например, отсеков горнодобывающей промышленности) в качестве мелкого заполнителя, а также возможность оптимизации минералогического и гранулометрического состава заполнителя для цементобетонной смеси в дорожном строительстве.

Метод электрохимической импедансной спектроскопии позволяет выявлять совместное влияние на прохождение переменного тока через исследуемые образцы цементобетона ряда процессов, характеризующихся разными частотными зависимостями импеданса.

Мы полагаем, что развитие подхода к исследованию свойств цементобетонных материалов на основе анализа частотных зависимостей их импеданса позволит количественно характеризовать протекающие в них процессы, в частности процессы, обуславливающие коррозию бетона.