

Также существует возможность предупреждать и эффективно устранять проблемы, возникающие в ходе строительства и эксплуатации, так как владельцы и обследователи имеют постоянный доступ ко всей информации, связанной с объектом. Это помогает своевременно принимать решения, учитывая объем всей информации, которая была заложена при проектировании объекта (стандарты, материалы, расчёты, рабочая документация). Эти возможности, несомненно, являются плюсом проекта, потому что вы имеете информацию обо всех процессах проектирования – о разработке основной концепции проекта, его строительства или реконструкции, но и о дальнейшей его эксплуатации (рис. 2).



Рисунок 2 – Поэтапное представление объекта проектирования

Информационная модель сооружения обеспечивает возможность рассмотреть несколько решений в ходе процессов проектирования и строительства сооружения, а также возможность трехмерной визуализации и виртуального осмотра объекта в BIM модели и возможность делать прогноз расходов на строительство и эксплуатацию на ранних стадиях проектирования.

Список используемой в статье литературы

1. Электронный ресурс: Википедия / BIM. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>. – Дата доступа: 27.10.2017 г.

УДК 69.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И КИНЕТИКИ УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Бондаренко С.Н.¹⁾, Чулкин П.В.²⁾, Дударев Д.Е.²⁾, Коликова Е.С.¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет

²⁾Белорусский государственный университет

Введение

Для получения информации о процессах формирования и разрушения структуры цементобетонных конгломератов необходимы чувствительные к этим процессам неразрушающие методы контроля. Наиболее перспективным из них является метод электрохимической импедансной спектроскопии, который в последние десятилетия всё активнее используется в исследованиях химических и физико-химических процессов, протекающих при твердении и коррозии в объеме конгломератных строительных материалов изготовленных на основе цементобетона [1-4].

В представленной нами работе была проведено исследование кинетики процессов удаления несвязанной воды из стандартных образцов цементобетонных конгломератных материалов разной пористости с наполнителем различного гранулометрического состава,

а также процесс разрушения материала под действием циклов замораживания и оттаивания во влажной среде.

Методика приготовления образцов для электрохимических измерений

Для проведения электрохимических измерений из цементобетона были изготовлены образцы в виде стандартных балочек размерами 40x40x160 мм, которые традиционно используются для проведения испытаний прочностных характеристик. В качестве исходных компонентов (согласно ГОСТ 310.4) использовался портландцемент и нормальный фракционированный кварцевый песок в соотношении (Ц:П) = 1:3. Портландцемент, который использовался в качестве вяжущего, имел марку М 500 (ГОСТ 10178-85) и не содержал комков и химических добавок; имел нормальную густоту цементного теста (27 %) и период схватывания около 60 минут. В состав цементного вяжущего добавлялся мелкий минеральный наполнитель, представляющий из себя нормальный полифракционный кварцевый песок с размером зерен от 0,32 до 2,5 мм. Водоцементное соотношение подбиралось таким образом, чтобы расплыв конуса, определяемый на специальном приборе, не превышал 106 мм. Вода, используемая для затворения, соответствовала требованиям ГОСТ 51232 и имела температуру +25 °С. После приготовления и перемешивания до требуемой консистенции, водноцементный раствор укладывался в форму для изготовления стандартных балочек и в течение 3 минут смесь в этой форме уплотнялась на с виброплощадке. Каждая балочка снабжалась четырьмя стальными электродами, установка которых в образце проводилась по схеме, которая позволяла регистрировать спектры импеданса и контролировать влияние возможных различий потенциалов электродов на их электрохимический отклик, а также исследовать эффекты, связанные с различием расстояний между электродами. Твердение образцов приготовленных таким образом, проводилось в ванне с гидравлическим затвором в течение 28 суток.

Исследование влияния гранулометрического состава заполнителя на открытую пористую структуру цементных конгломератов

Для оценки влияния размеров пор на спектры импеданса были изготовлены три типа образцов бетона с разным гранулометрическим составом, содержащих в составе частицы диаметром от 0,32 до 0,63 мм, от 0,63 до 1,25 мм и от 1,25 до 2,5 мм.

Характеристика и оценка вклада открытой пористой структуры в изученных образцах давалась в сравнительном сопоставлении образцов различного гранулометрического состава по содержанию несвязанной воды в порах путем взвешивания этих образцов до и после высушивания до постоянного веса. Перед электрохимическими исследованиями все высушенные образцы были выдержаны двое суток в воде, для насыщения влагой. Комплексная величина импеданса в интервале частот переменного тока от 0,1 Гц до 1000 Гц была измерена потенциостатом Gamry G300 со встроенным частотным анализатором переменного тока Gamry EIS300. Для анализа спектров была использована программа EIS Spectrum Analyzer. [5].

Для воспроизводимости исследования, в каждом эксперименте производилось по два измерения на двух разных парах электродов. Каждый раз, перед началом измерения спектра импеданса, проводился замер напряжения разомкнутой цепи, с той целью, чтобы при измерении спектра импеданса, исключить воздействие каких-либо побочных электрохимических процессов. Амплитуда зондирующего воздействия при получении спектров импеданса составляла 10 мВ.

На рисунках 1 и 2 представлен характер изменения спектра импеданса цементобетонного материала после его затвердевания в течение 28 суток и последующего полного высыхания.

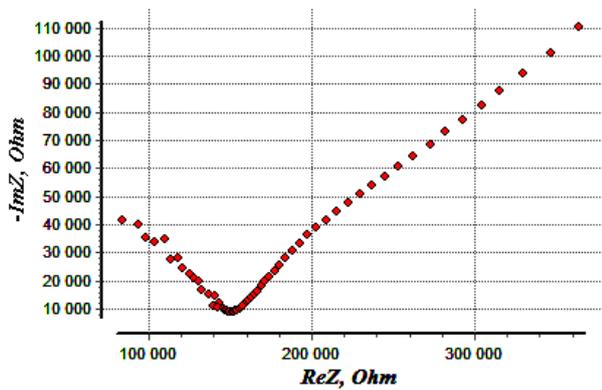


Рисунок 1 – Спектр импеданса образца цементобетона после установления квазистационарного состояния в результате затвердевания в течение 28 суток

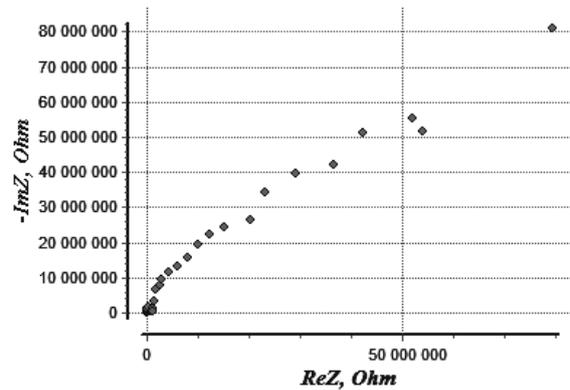


Рисунок 2 – Спектр импеданса полностью высушенного исходного образца цементобетона

***Примечание** Вид спектра импеданса полностью высушенного образца восстанавливался практически до идентичного с исходным, после контакта с водой в течение двух суток.

Анализ динамики изменения спектров импеданса показывает, что параметры, соответствующие изменению сопротивлению материала при высушивании, возрастают. Это объясняется уменьшением количества проводящего раствора в порах. Электрическая емкость при высушивании уменьшается.

Анализ спектров импеданса с использованием эквивалентных схем показал, что материал, характеризующийся наибольшим размером частиц и, следовательно, наибольшим размером пор, во влажном состоянии обладает наименьшим сопротивлением и наибольшей емкостью по сравнению с другими материалами. Однако его параметры изменяются наиболее быстро при высушивании. Это связано с относительной легкостью удаления раствора из внутренних пор по широким каналам. Материал, образованный наполнителем с частицами наименьшего размера, наоборот, менее других чувствителен к высушиванию. Эти тенденции четко проявляются при сопоставлении полученных спектров импеданса с использованием эквивалентной схемы [4]. Изменение пористости было смоделировано в некоторой степени посредством насыщения образца материала водой и последующего замораживания при температуре -15°C в течение 1 часа. После замораживания образец выдерживался в течение 1 часа при комнатной температуре, после чего регистрировался его спектр импеданса. Изменение спектра импеданса представлено на рисунке 3.

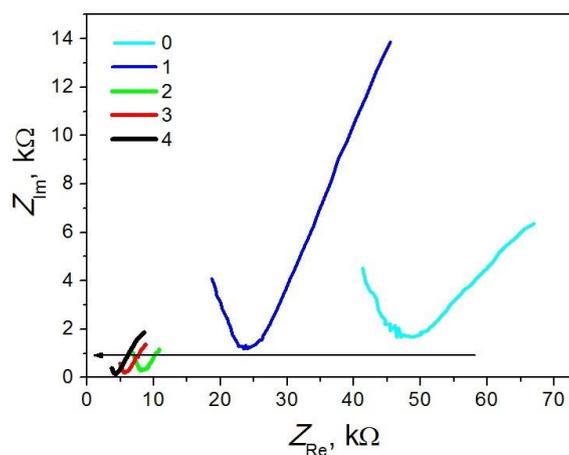


Рисунок 3 – Тенденция изменения спектра импеданса цементобетонного материала при последовательном замораживании и нагревании до комнатной температуры

Численные обозначения графиков соответствуют количеству циклов замораживание-оттаивание. Стрелка указывает тенденцию в изменении спектра.

Параметры эквивалентной схемы здесь не представлены, поскольку соответствие приведенной выше схемы спектрам, полученным после 3-го цикла замораживания, было неудовлетворительно (погрешность превышала 5%).

Уменьшение значений импеданса свидетельствует об уменьшении сопротивления материала и увеличении электрической емкости, что показал анализ спектров импеданса. Указанные изменения, вероятно, связаны с механическим расширением пор в циклах замораживание – оттаивание и дополнительным наполнением их проводящим компонентом, а также появлением новых каналов переноса заряда.

Заключение

Хотя универсальная методика анализа спектров импеданса цементобетонных материалов пока еще находится в стадии разработки и совершенствования, тем не менее, данная работа демонстрирует возможность уже на данном этапе с помощью многочастотного отклика переменного тока и анализа эквивалентных схем исследовать качественные показатели, характеризующие открытую пористость цементобетонных конгломератов.

Список использованной литературы

1. Ragoisha G.A., Bondarenko A.S. Potentiodynamic electrochemical impedance spectroscopy for solid state chemistry // Solid State Phenomena. – Vol. 90-91, 2003. – P. 103-108.
2. Christensen B.J., Coverdale R.T., Olson R.A., Ford S.J., Garboczi E.J., Jennings H.M., Mason T.O. Impedance spectroscopy of hydrating cement-based materials: measurement, interpretation, and application, J. Am. Ceram. Soc. – Vol. 77, 1994. – P. 2789-2804.
3. Jin-Ha Hwang. Impedance Spectroscopy Analysis of Hydration in Ordinary Portland Cements Involving Chemical Mechanical Planarization Slurry, Journal of the Korean Ceram. Soc. – Vol. 49. – No.3, 2012. – P. 260~265.
4. Бондаренко С.Н., Чулкин П.В., Рагойша Г.А., Коликов А.О., Бондаренко А.С. Исследование процесса твердения цементобетонного конгломерата методом импедансной спектроскопии // Наука и техника, №6, 2015. – С. 63-73.
5. Bondarenko A.S., Ragoisha G.A., EIS Spectrum Analyser, 2013 [Электронный ресурс: <http://www.abc.chemistry.bsu.by/vi/analyser/>]

УДК 69.001.5

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Васильева Е.И., Бондаренко С.Н.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: kukaburo1@mail.ru

Abstract. *The use of modern technologies in the repair of highways is an urgent task. More attention is paid to the structure formation of repair materials at the micro level. The main issue is the accurate collection of data on the existing coverage, as well as the adaptation of new technologies for road repair. To solve these tasks is possible by implementing 3D-printer for road construction. The construction of 3D-models will allow for the diagnostics of pavements. And the concept of 3D-printing will make it possible to form the necessary microstructure of the repair material.*

Сформированная в настоящее время сеть дорог Республики Беларусь требует постоянного поддержания её в надлежащем состоянии. Для этого необходимо своевременное и качественное выполнение ремонтных работ.