

Список цитированных источников

1. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Строительные нормы Республики Беларусь: Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01–02 Введен 01.07.03. – Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2003. – 140 с.
2. Beutel, R. Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen: Diss. ... Doktors der Ingenieurwissenschaften / R. Beutel. – Aachen, 2002. – 355 s.
3. Ebead, U. Strengthening of two-way slabs subjected to moment and cyclic load / U. Ebead, H. Marzouk // ACI Structural Journal. – Jul/Aug., 2002. – V. 99, № 4. – P. 435–444
4. Ebead, U. Tension-Stiffening Model for FRP-Strengthened Concrete Two-Way slabs / U. Ebead, H. Marzouk // Materials and Structures (Materiaux et Constructions), RILEM Publications. – 2004. – V. 37.
5. Marzouk, H. Punching shear of slabs: crack and size effects / H. Marzouk, M. Osman, A. Hussein // Magazine of Concrete Research. – Feb., 2002. – V. 54, No. 1. – P. 13–21.
6. Mirzaci, Y. Tests on the Post-Punching Behavior of Reinforced Concrete Flat Slabs / Y. Mirzaci // Ecole Polytechnique Federale de Lausanne Institut de Structures Laboratoire de Construction en Beton. – June 2008. – 58 p.
7. Moc J. Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footings under Concentrated Loads // Development Department Bulletin No. D47, Portland Cement Association. — 1961.— 130 p.
8. Qi Zhang. The punching strength of high-strength flat slabs: experimental study / Qi Zhang // Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland. – 2003. – 34 p.

УДК 953.23.56

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИДОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

С.Н. Леонович, В.Ю. Гуринович
В.С. Бураков, С.Н. Райков

1. Введение. Общеизвестным фактором, способствующим снижению прочностных характеристик железобетонных конструкций, является миграция внутрь конструкции ионов хлора, являющихся активными катализаторами процесса коррозии, как самого бетона, так и стальной арматуры.

Определение количественного содержания хлоридов в железобетонных конструкциях осуществляется достаточно трудоемкими химическими методами, связанными с отбором пробы, необходимой пробоподготовкой, растворением анализируемого материала. Кроме того, данные методы не позволяют оперативно получать информацию о количественном содержании хлоридов по сечению конструкции. В связи с этим возникает потребность в разработке новых методов, позволяющих быстро и качественно выполнять сбор информации об эксплуатируемой железобетонной конструкции.

В данной статье представлены результаты оптимизации условий спектрального определения содержания хлора и представлены данные мониторинга железобетонной конструкции, эксплуатирующейся в агрессивных условиях, методом лазерной индуцированной пробной спектроскопии.

2. Определение хлоридов в бетоне методом спектрального анализа

Измерение элементов, таких как хлор, в строительных материалах представляет собой сложную задачу вследствие низких концентраций и относительной слабости спектральных линий этих элементов по сравнению со спектральными линиями основных компонентов бетона.

Существует несколько подходов к усилению спектра в целом, в том числе и интенсивности линии хлора. Это использование так называемых сдвоенных лазерных импульсов. При этом первый импульс создает расширяющейся факел плазмы, на который налагается поток излучения второго лазерного импульса. Применение такого варианта абляции и возбуждения вещества приводит к возрастанию интенсивности спектральных линий анализируемого образца. Однако такой подход представляется более усложненным по схемотехнике, связан с повышением стоимости оборудования и измерений. Также для увеличения интенсивности линии хлора используется замена воздушной среды на гелий, что также усложняет схемотехнику и удорожает анализ.

В данной работе с целью повышения интенсивности спектра абляционной плазмы предложено её дополнительное возбуждение в электрическом импульсном разряде.

Для проведения эксперимента применялась установка, схема которой изображена на рис 1.

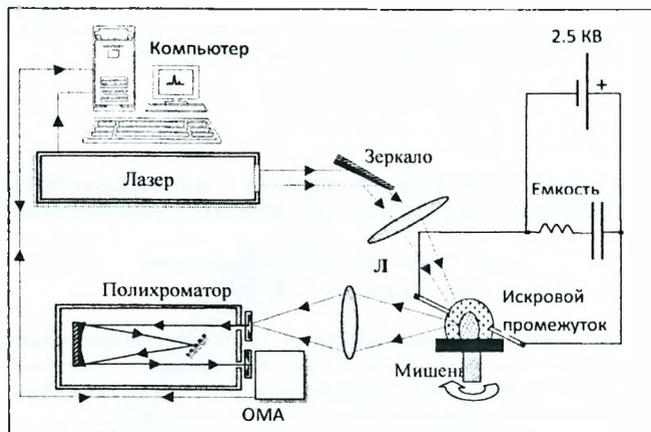


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

3. Калибровка экспериментальной установки

Для анализа возможности качественного и количественного контроля хлора изготавливалась партия образцов из цементно-песчаного раствора с различными концентрациями хлора. Для изготовления образцов использовался портландцемент марки ПЦ 500-ДО, кварцевый песок, вода и NaCl. На стадии приготовления смесь разделялась на две порции, в одну из которых добавлялся NaCl из расчета получения концентрации хлора 2,5 % весовых. Вторая порция не обогащалась NaCl («холостая» проба). Первая смесь служила основой образца с наиболее высокой концентрацией хлора («старший» эталон) и добавлялась в необходимом весовом количестве к определенной массе второй порции смеси. Эталоны с более низким содержанием хлора приготавливались с использованием их предшественников и «холостой» пробы. Таким образом, была составлена тщательно перемешанная смесь вещества, включающая серию образцов с требуемыми концентрациями хлора.

При проведении количественных измерений было использовано два варианта с целью сравнения их аналитических характеристик. Первый ограничивался воздействием на мишень сфокусированного потока лазера, второй с дополнительным наложением на абляционную плазму импульсного электрического разряда.

На рис. 2а приведен участок эмиссионного спектра абляционной плазмы, содержащий аналитическую линию хлора при его концентрации в образце 0,65 %. В спектре преобладают интенсивные линии атомов кислорода и азота как основных компонентов воздушной среды, а также ионов кальция, входящего в больших концентрациях в портландцемент. По своей интенсивности линия хлора существенно уступает линиям основных элементов.

Концентрационные зависимости интенсивности линии хлора в спектрах, как абляционного плазменного факела, так и при наложении на него импульсного электрического разряда приведены на рис. 2б, 2в.

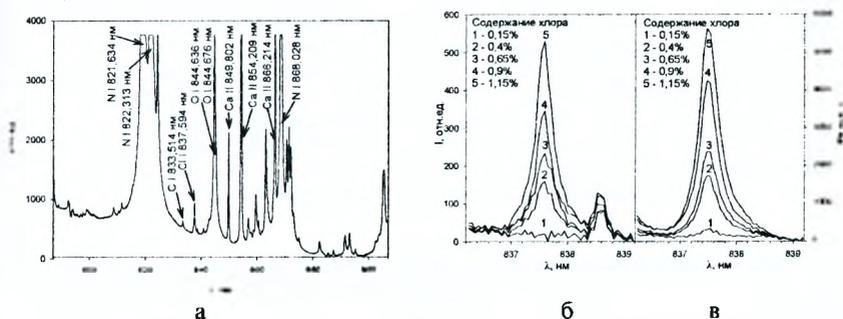


Рисунок 2 – Участок спектра абляционной плазмы, содержащий аналитическую линию хлора при его концентрации в образце 0,65 % (а); ход интенсивности линии Cl II, 837,59 нм в спектрах абляционного факела (б) и в комбинированном разряде (в).

В пределах погрешности эксперимента следует признать удовлетворительным линейный характер связи интенсивности спектральной линии хлора и его концентрации в образцах. Предел определения хлора для варианта комбинированного разряда составляет 0,05 %.

4. Практическое применение метода спектрального анализа

Для определения количественного содержания хлоридов в эксплуатируемой железобетонной конструкции были отобраны образцы бетона из железобетонной колонны склада минеральных удобрений. Для получения картины изменения концентрации хлоридов в защитном слое бетона отбор образцов выполнялся до рабочей арматуры. Измерения проводились в трех точках: на поверхности конструкции, в середине защитного слоя и в приарматурной зоне. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Толщина защитного слоя бетона, мм	Концентрация хлора, % от массы цемента
1	0	1,89
2	25	0,82
3	50	0,52

Данные, приведенные в таблице, усреднены из шести измерений в пяти точках на каждой из глубин защитного слоя бетона.

При визуальном осмотре железобетонной колонны на поверхности были обнаружены пятна ржавчины, трещины в защитном слое бетона, что свидетельствовало о коррозионном поражении стальной арматуры. Полученные данные указывают, что первопричиной депассивации стальной арматуры стало превышение содержания хлор-ионов в защитном слое бетона сверх предельно допустимых значений. Сведения о численной величине критической концентрации хлоридов представлены в таблице 2.

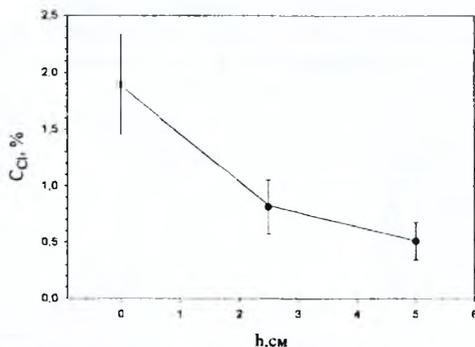


Рисунок 3 – Концентрация хлора по сечению защитного слоя бетона железобетонной колонны склада минеральных удобрений

Таблица 2

Нормативный документ	Критическая концентрация хлоридов
СНиП 2.03.11-85	Для железобетонных конструкций менее или равно 0.4 % от массы цемента. Для предварительно напряженных конструкций менее или равно 0.1 % от массы цемента. Для определенно оговоренных конструкций не допускается.

Заключение. В результате проведенных исследований обеспечена модернизация лазерной экспериментальной установки для спектрального определения хлора в материалах на основе цемента. Предел определения хлора для варианта комбинированного разряда составляет 0.05 %. Повышение чувствительности метода, расширение динамического диапазона измерений в сторону больших концентраций возможно в результате более детальной комплексной оптимизации всех аналитических условий эксперимента.

Апробация предлагаемого метода на железобетонной конструкции, эксплуатирующейся в агрессивной среде, показала ряд преимуществ данного метода перед химическими методами. Прежде всего, оперативность получения информации о количественном содержании хлоридов в конструкции, возможность определения хлоридов по сечению конструкции в миллиметровом решении, а также возможность проведения анализа в полевых условиях в случае использования портативной установки.

Список цитированных источников

1. Алексеев, С.Н. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде / С.Н. Алексеев, Н.К. Розенталь. – Москва: Стройиздат, 1976. – 205 с.
2. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях / С.Н. Алексеев [и др.]; под общ. ред. С.Н. Алексеева. – Москва: Стройиздат, 1985. – 272 с.
3. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев [и др.]; под общ. ред. С.Н. Алексеева. – Москва: Стройиздат, 1990.
4. Коррозия и защита бетона от коррозии / Н.К. Розенталь [и др.] // Строительные материалы – 1990. – Вып. 3. – С. 3–11.
5. LISB for non-destructive Testing of Element Distributions on Surfaces / H. Wiggenhauser [et al.] // NDT&E International. – 1998. – Vol. 31, № 4. – P. 307–313.
6. Analysis of concrete using LISB. / H. Wiggenhauser [et al.] // INSIGNT. – 2000. – Vol. 42. – P. 436–438.
7. Determination of chloride content in concrete structures with laser-induced breakdown spectroscopy / Wilsch, G. [et al.] // Construction and Building Materials. – 2005. – № 19. – P. 724–730.
8. Determination of F, Cl, and Br in solid organic compounds by laser-induced plasma spectroscopy / M. Tran [et al.] // Appl. Spectr. – 2001. – Vol. 55, № 6. – P. 739–744.
9. Quantitative determination of sulfur content in concrete with laser-induced breakdown spectroscopy / G. Asimellis [et al.] // Spectrochimica Acta. – 2005. – part B. – P. 739–744.
10. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний: ГОСТ Р 52804-2007. – Введ. 01.01.2009. – Москва: Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона НИИЖБ, 2007. – 35 с.

УДК 624.012

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ БЕЗРИГЕЛЬНОГО КАРКАСА

Минченя Т.П., Дубатовка И.П., Баранчик В.Г., Трус О.А.

Введение. В современном жилищном строительстве применяются различные конструктивные и планировочные решения. Постоянно возрастающие требования к качеству жилья способствуют внедрению новых решений с высокими технико-экономическими и эксплуатационными характеристиками зданий. Одним из требований, предъявляемых к современным жилым зданиям, является применение свободной планировочной схемы. Каркасы зданий с гибкой планировкой позволяют предложить множество вариантов, отвечающих этим требованиям. Специалисты АП «Институт «Белпроект» совместно со специалистами БНТУ провели комплекс исследовательских работ, включая исследования натуральных фрагментов, в результате АП «Институт «Белпроект» разработал универсальную каркасную безригельную систему с плоскими сплошными сборными плитами перекрытия. В нашей Республике начали строиться жилые здания с применением безригельного сборного каркаса системы типа «КУБ». Перекрытие неразрезное в двух направлениях. В зоне стыков плит изгибающие моменты близки к нулю. Плиты перекрытия имеют один типоразмер и отличаются армированием и закладными деталями для монтажа. Перекрытие состоит из надколонных плит, межколонных плит и плит вставок. При этом обеспечивается гладкий потолок. При возведении зданий с применением данной системы к минимуму сведены сварочные и бетонные работы – бетонирование только стыки плит и колонн, причем без опалубки. Безригельные каркасы привлекают к себе тем, что, позволяя осуществлять свободную планировку квартир, они достаточно просты в изготовлении и монтаже.