

Рахимбаев Ш. М., д-р техн. наук, проф.,  
Толыпина Н. М., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

alfimovan@mail.ru

*Рассмотрены ранние и современные способы определения коррозионной стойкости цементных композиционных материалов. Рассмотрены различные приемы для ускорения коррозионных испытаний. Приведены уравнения для расчета кинетики коррозии.*

**Ключевые слова:** *коррозия, стойкость, кинетика, агрессивная среда.*

Испытания на коррозионную стойкость длятся очень долго, отсюда понятно стремление исследователей найти такие методы, чтобы получить надежные результаты в самый короткий срок. Для испытания цементов на устойчивость к химической агрессии обычно применяют образцы из цемента-песчаного раствора или бетона, которые помещают в соответствующую агрессивную среду. Затем следят за изменением внешнего вида образцов, испытывают их на прочность при изгибе и сжатии и определяют величину расширения, динамического модуля упругости и т.д.

К самым ранним способам испытаний на коррозионную стойкость можно отнести методики Москвина и Кинда. Москвин В.М. [1] изучал коррозионную стойкость строительных материалов путем фильтрации агрессивных растворов через слой порошка вяжущего. Но эта методика не моделирует реальные условия взаимодействия бетона с агрессивной средой.

Разработанный В.В.Киндом метод малых образцов [2] является разновидностью метода Коха и Штейнегера [3]. В качестве образцов он применял призмы размерами 1х1х3 см, в качестве заполнителя - песок, более крупный, чем обычно, чтобы придать образцам более пористую структуру. Благодаря этому агрессивные растворы легче проникают вглубь образца и быстрее разрушают его, что позволяет ускорить сроки испытаний. Однако при этом происходит искажение физико-химических процессов, вызывающих коррозию.

Методика испытания цементов на сульфатостойкость в США изложена во временном стандарте С 452-60Т. В качестве образцов приняты призмы размером 2,5х2,5х25 см из цемента-песчаного раствора (1:3 по массе), с содержанием  $SO_3$  в образцах 7 %. В качестве меры коррозии используют их линейное расширение.

Чтобы ускорить наступление деструктивных изменений, применяют агрессивные растворы повышенной концентрации (2-5 %). Од-

нако такая концентрация сульфатов, не говоря уже о более высоких, как правило, на практике не встречается.

Большинство этих методов имеют те или иные недостатки, и полученные с их помощью данные расходятся с результатами испытаний в больших образцах или с долговечностью реальных строительных объектов. Эти методы целесообразно использовать для сравнительной оценки коррозионной стойкости различных материалов.

В настоящее время для проведения коррозионных испытаний в РФ используются ГОСТ 27677-88 (СТ СЭВ 5852-86) и ГОСТ Р 52804-2007. В ГОСТ Р 52804-2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний» приведен метод определения коррозионной стойкости в растворах кислот, основанный на измерении скорости изменения химического состава раствора кислоты и цементного камня в бетоне. Это позволяет рассчитать глубину коррозионного разрушения в ходе испытаний, а также в более отдаленные сроки. Однако, ГОСТом не предусматриваются методы определения коррозионной стойкости в других агрессивных средах, кроме кислот.

ГОСТ 27677-88 (СТ СЭВ 5852-86) «Защита от коррозии в строительстве. Бетоны. Общие требования к проведению испытаний» предусмотрено в качестве основных применять образцы больших размеров, которые ранее, чем через 2 года, не покажут видимых результатов, хотя длительность испытаний ограничена 12 мес. При этом рекомендуется применять также образцы 20х20х120 мм, хотя на опыте подтверждено, что образцы таких размеров наиболее эффективны и довольно хорошо себя зарекомендовали.

Большую роль в процессах химической коррозии бетонов играет кольматация. При этом, даже при коррозии выщелачивания (1-го вида коррозии по Москвину) образуется кольматант – гель кремнекислоты. В работе [4] показано, сколь велика роль кольматанта в процессах

взаимодействия цемента с агрессивной средой, что необходимо учитывать при коррозионных процессах.

Коррозионные испытания очень длительны, трудоемки и стоят дорого. В качестве критериев в основном используют физико-механические показатели. Однако такие испытания дают большой разброс данных (более 13 %, установленных ГОСТом для оценки прочности при твердении в воде). Прочность в агрессивных средах меняется скачкообразно в зависимости от состава вяжущего, среды, размеров образцов и др. Изменение прочности не очень хороший критерий для прогнозирования. Лучше использовать комплекс показателей, рекомендуемых ГОСТ 27677-88, включающих разрушающие и неразрушающие методы, а также применять дополнительно методы: РФА, петрографические исследования и др. На основе комплекса физических и химических показателей можно выявить монотонно меняющиеся показатели коррозии, чтобы использовать для дальнейшего прогнозирования.

Для расчета кинетики коррозии цементного камня можно использовать уравнения на основе теории массообменных процессов:

$$\frac{\tau}{x} = \left( \frac{\tau}{x} \right)_0 + k_1 x; \quad (1)$$

или

$$\frac{\tau}{x} = \left( \frac{\tau}{x} \right)_0 + k_2 \tau, \quad (2)$$

где  $\tau$  – продолжительность взаимодействия цементного камня с внешней средой;  $X$  – монотонно возрастающий во времени показатель степени коррозионного повреждения (глубина проникновения агрессивного флюида вглубь цементного камня, количество выщелоченной извести, количество накопившихся в материале ионов  $Mg^{2+}$ ,  $SO_4^{2-}$  и т.п.);  $k_1, k_2$  – константы, характеризующие интенсивность снижения скорости процессов, обусловленного диффузионным торможением реакции.

Детальное обоснование данной методики изложено в работе [ 5].

В уравнениях (1) и (2)  $(\tau/x)_0$  – это величина, обратная начальной скорости процесса  $U_0$ . На ее основе может быть рассчитана начальная скорость коррозии:  $U_0 = (\tau/x)_0^{-1} = (x/\tau)_0$ . Очевидно, что этот показатель, не связанный с диффузионными характеристиками процесса, отражает реакционную способность агрессивного агента по отношению к компонентам цементного камня. Он связан с кинетическим контролем процесса и определяется интенсивностью химического вза-

имодействия между ними. Многочисленные проверки этих уравнений на адекватность кинетики коррозии реальных процессов показал, что коэффициент корреляции находится в пределах 0,95–0,99.

Выводы.

Авторы рекомендуют использовать образцы размером 2,5x2,5x10 см. При этом необходимо принимать во внимание, что более чувствительным показателем к малейшим коррозионным повреждениям является предел прочности при изгибе, а предел прочности при сжатии как правило менее чувствителен и позже снижается. Для подобных испытаний можно рекомендовать прибор Михаэлиса.

После физико-механических испытаний образцы необходимо подвергать дополнительным испытаниям: выявлению глубины коррозионного повреждения, петрографическому и химическому анализам, оценивать пористость, использовать методы РФА, ДТА и т.д.

Для обработки экспериментальных данных и прогнозирования рекомендуется использовать уравнения теории переноса. При этом, задавшись допустимой глубиной, которая может составлять от 10 до 30 % сечения образца можно рассчитать допустимый срок эксплуатации изделий в данной среде.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москвин В.М. Коррозия бетонов.- М.:Стройиздат, 1952.-342 с.
2. Кинд В.В. Коррозия цемента и бетона в гидротехнических сооружениях.-М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955.-320 с.
3. Koch A. Steinegger I. Ein Schnellprufverfahren fur Zemente auf ihr Verhalten bei Sulfatangriff. «Zement-Kalk- Gips»,- 1960, 13, № 7.
4. Рахимбаев Ш.М. Принципы выбора цемента для использования в условиях химической агрессии/Ш.М.Рахимбаев/Изв. Вузов. Строительство, 1996.-№ 10.-С.65-68.
5. Авершина Н.М. Закономерности кинетики коррозии и стойкость бетона с активным заполнителем: Автореф. дис... канд. техн. наук.- Воронеж: ВГАСА, 1995.-23 с.