

УДК 691.32

МЕХАНИЗМЫ СУЛЬФАТНОЙ КОРРОЗИИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Глазунова А.В., студентка гр. С-111, Маркелова Е.С., студентка гр. С-111

Научный руководитель: Рогова Е.В., старший преподаватель

Сибирский государственный университет путей сообщения,

г. Новосибирск

Аннотация

В статье рассматриваются физико-химические механизмы сульфатной коррозии цементного камня, включая образование гипса и этtringита («цементной бациллы»), а также магнезиальную коррозию. Проанализированы причины разрушения структуры бетона, связанные с внутренним напряжением, трещинообразованием и нарушением сцепления компонентов. Выполнен сравнительный анализ методов первичной (применение сульфатостойких цементов, минеральных добавок) и вторичной (обмазочная, оклеечная изоляция, пропитки) защиты. Определены области практического применения методов в зависимости от условий эксплуатации.

Ключевые слова: сульфатная коррозия, цементный камень, этtringит, сульфатостойкий цемент, первичная защита, вторичная защита, бетон, долговечность.

Бетон является основным конструкционным материалом современного строительства. Однако его долговечность напрямую зависит от условий эксплуатации, поскольку материал подвержен воздействию агрессивных компонентов окружающей среды. Одним из наиболее опасных деструктивных процессов является сульфатная коррозия цементного камня, возникающая при контакте бетона с грунтовыми или промышленными водами, содержащими растворенные сульфаты. Понимание механизмов данного процесса и разработка эффективных методов защиты необходимы для обеспечения проектного срока службы зданий и сооружений.

Механизм сульфатной коррозии. Сульфатная коррозия представляет собой химическое разрушение цементного камня, вызванное действием солей серной кислоты. Сульфаты проникают в поры бетона и вступают в реакцию с его компонентами. Опасность этих реакций заключается в том, что продукты коррозии имеют больший объем, чем исходные вещества, что приводит к возникновению внутренних напряжений.

Ключевыми процессами, ведущими к разрушению, являются:

1. Образование гипса: Сульфаты реагируют с гидроксидом кальция, присутствующим в цементном камне. Образующийся гипс занимает примерно в 2,2 раза больше места, чем исходная известь, вызывая первые внутренние напряжения.

2. Образование этtringита («цементной бациллы»): Гипс взаимодействует с алюминатами кальция, в результате чего образуется гидросульфоалюминат кальция (этtringит). Кристаллы этtringита содержат в своей структуре большое количество воды, что приводит к многократному увеличению объема и созданию колоссального давления, разрушающего материал изнутри.

3. Магнезиальная коррозия: При воздействии сульфата магния происходит образование не только гипса, но и рыхлого гидроксида магния, который не обладает прочностью и превращает прочный камень в рыхлую массу.

4. Разрушение структуры бетона происходит по следующим причинам: расширение и внутреннее давление, вызывающее трещинообразование; нарушение сцепления между цементным камнем и заполнителем; потеря прочности материала.

Методы защиты.

Для защиты бетонных конструкций от сульфатной коррозии применяют два основных подхода: первичную и вторичную защиту.

Первичная защита направлена на повышение стойкости самого бетона на стадии его изготовления. К основным способам относятся:

- Применение сульфатостойких цементов с ограниченным содержанием алюминатов и трехкальциевого силиката.
- Введение активных минеральных добавок (зола-унос, микрокремнезем), которые связывают гидроксид кальция и уплотняют структуру.
- Снижение проницаемости бетона за счет уменьшения водоцементного отношения, тщательного уплотнения и правильного ухода.

Вторичная защита создает барьер между агрессивной средой и поверхностью бетона. Она применяется как при новом строительстве, так и при ремонте существующих конструкций:

- Обмазочная изоляция (битумные, полимерные, цементно-полимерные составы).

- Оклеечная изоляция (рулонные битумно-полимерные материалы, полимерные мембраны).
- Пропитки глубокого проникновения и гидрофобизаторы, которые либо закупоривают поры, либо придают стенкам пор водоотталкивающие свойства.

Сравнение методов защиты. Первичная защита работает на молекулярном уровне, закладывая стойкость материала на весь срок службы конструкции. Она надежна, но требует дополнительных вложений на этапе строительства. Вторичная защита дешевле на начальном этапе и универсальна (подходит для ремонта), однако имеет ограниченный срок службы и нуждается в периодическом обновлении.

Выбор метода определяется условиями эксплуатации:

При новом строительстве в агрессивных грунтах приоритет отдается первичной защите (сульфатостойкие цементы, добавки).

Для ремонта поврежденных конструкций применяется вторичная защита (покрытия, пропитки).

В особо ответственных сооружениях (мосты, гидротехнические сооружения) используется комбинированная защита, сочетающая оба подхода.

Заключение

Сульфатная коррозия является одним из наиболее опасных видов разрушения бетона, механизм которого основан на образовании гипса и этtringита с увеличением объема продуктов реакций. Эффективное противодействие коррозии достигается применением первичных методов защиты, направленных на модификацию состава и структуры бетона, и вторичных, создающих защитный барьер. Наиболее надежным является комбинированный подход, позволяющий обеспечить долговечность конструкций в сложных условиях эксплуатации.

Список литературы:

1. ГОСТ 31384-2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. — М.: Стандартинформ, 2017.
2. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. — М.: Минстрой России, 2017.

3. Москвин, В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеев ; под общ. ред. В. М. Москвина. — М. : Стройиздат, 1980. — 536 с.
4. Батяновский, Э. И. Первичная защита твердеющего бетона / Э. И. Батяновский, С. М. Эгбалник. — Минск : БНТУ, 2024. — 151 с.
5. Гуревич, Э. А. Химическое сопротивление строительных материалов : учеб. пособие / Э. А. Гуревич. — Саратов : Сарат. гос. техн. ун-т, 2003. — 52 с.