

ЗАЩИТА БЕТОНА ОТ КОРРОЗИИ

Альбина ЕЛЕЦКИХ

Технический университет Молдовы

Аннотация: Введение. Определение коррозии. Виды коррозионных процессов. Факторы развития. Способы защиты. Коррозия железобетона. Заключение.

1. Введение

С течением времени практически каждый строительный материал приходит в негодность и разрушается. Это касается многих материалов, применяемых в строительстве: металлов различных типов, кирпича и газобетона, пенобетона, асбоцемента и железобетона. Не является исключением в этом ряду и бетон. В связи со своей структурой, основная часть которой – это цемент, состоящий из кальциевых и кремниевых кислот с вкраплениями алюминия (рисунок 1), основным разрушителем, вызывающим процесс коррозии бетона, является обыкновенная вода. Сегодня, защита продумана до мелочей, существуют различные способы защиты как физические (покрытие стойкими материалами), так и химические (различные пропитки и лаки).



Рис.1. На скорость коррозии непосредственное влияние оказывает цемент, который использовался при строительстве.

2. Определение коррозии

Современная наука даёт определения множеству явлений. Согласно ей, коррозия – это совокупность процессов (химических, биологических, физических), инициатором которых является внешняя среда, а результатом – постепенное разрушение строительного материала.

Бетон – искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания тщательно подобранной смеси вяжущего, воды, мелкого и крупного

заполнителей, а также специальных добавок. Вяжущие и вода образуют цементный камень. Заполнители – инертные (песок, щебень, гравий), составляют скелет бетона, уменьшают его усадку. Лёгкие заполнители (шлаки, пемза, керамзит) уменьшают плотность и теплопроводность.

Чаще всего процесс коррозии бетона начинается с такой его части как цементный камень. Эта часть конструкции является наименее прочной (рисунок 2); образуется она уже в процессе затвердения, в ней есть множество капиллярных ходов, которые могут быть заполнены воздухом или водой. Воздействовать на цементный камень могут газы, находящиеся непосредственно в воздухе, а также разные виды вод:

- грунтовые;
- речные;
- морские;
- дренажные;
- сточные.



*Рис.2. Наиболее подвержены коррозии цементные швы.
Это связано с тем, что они – наименее прочное звено в конструкции.*

Очень вредны для цементного камня грунтовые воды, особенно те, которые находятся около предприятий промышленности. В таких водах могут найтись самые разные химические вещества, к примеру, вблизи химических производств грунтовые воды «обогащены» кислотами органическими и минеральными, щелочами, хлоридами, солями никеля, цинка, меди, железа, нитратами – список можно продолжать довольно долго. У заводов, занимающихся обработкой металлов, в грунтовых водах часто можно найти сульфаты железа и другие продукты, получающиеся в результате травильных процессов.

Однако грунтовые воды вблизи фабрик и заводов не являются рекорсменами по числу и концентрации веществ, способных принести вред цементному камню: выигрывают в данном случае сточные воды. Даже в небольшой концентрации (разбавленные речной водой) сточные воды могут нанести большой

вред цементному камню, который может быть, например, в гидротехнических сооружениях.

Интересно, что воздух вблизи различных заводов может быть совершенно безопасным для человека (содержание вредных веществ – оксиды азота, сернистый газ и других – не представляет вреда для здоровья), а вот для бетона, даже такие небольшие концентрации, могут стать причиной постепенной коррозии и разрушения.

3. Виды коррозионных процессов

Есть немало видов коррозионных воздействий. Не одна сотня химических веществ при долгом контакте приводит к коррозии. Коррозия бетона бывает следующих видов:

- химическая;
- физико-химическая;
- биологическая;
- радиационная.



Рис.3. На графике представлена зависимость скорости разрушения от времени воздействия неблагоприятных факторов.

Химическая коррозия является следствием атмосферных осадков и воздействия углекислого газа, который всегда присутствует в составе воздуха. Сильнее всего воздействие на бетон происходит в результате таких атмосферных осадков, в которых имеются хлориды, сульфаты или карбонаты (рисунок 3). Разрушают и осадки, в составе которых присутствуют оксиды азота – так называемые «кислотные дожди».

Все процессы, которые имеют место при химической коррозии, относятся к одному из трёх видов:

1. Выщелачивание с помощью мягких вод. При этом происходит вымывание таких компонентов из состава (из его поверхностного слоя), которые могут быть растворены в щелочной воде. В результате данного процесса на поверхности появляется налёт белого цвета – белые потёки. От этого вида коррозии бетона в некоторых случаях он только выигрывает: выщелачивание создаёт коллоидный слой, который защищает бетон от других вредных воздействий окружающей среды.

2. Растрескивание или цементная бацилла. В результате этого процесса из-за влаги, которая имеется в атмосфере, на поверхности могут возникать так называемые «рыхлые малорастворимые вещества». Из-за этих веществ, в результате образования различных обменных реакций, бетон может начать растрескиваться. Чаще всего повреждаются поверхность, но может начаться и проникновение вглубь – и с течением времени, коррозия бетона может усилиться (рисунок 4).



Рис.4. Быстрому разрушению бетонных конструкций способствуют мелкие трещины, через которые внутрь поступает влага.

3. Растрескивание в связи с кристаллизацией. При этом типе химической коррозии образуются плохо растворимые соединения, которые с помощью растворов сульфатов кристаллизуются. Так как при кристаллизации происходит увеличение объёма, то бетон вынужден расширяться, в итоге возникают трещины.

Физико-химическая коррозия бетона связана с процессом замерзания воды. В поры и капилляры, пусть и в небольших количествах, попадает вода (также она может быть там изначально), а затем, при понижении температуры, она замерзает, превращается в лёд. Лёд по объёму больше, чем вода, и он начинает распирает конструкцию – происходит растрескивание. Этот процесс идёт тем быстрее, чем больше и чаще происходят процессы замораживания и оттаивания бетона.

Третий вид разрушения – биологический. Здесь первоначальный источник коррозии – это микроорганизмы. Строго говоря, не сами микроорганизмы разрушают структуру, а химические вещества, продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Однако к химической коррозии этот вид не относится –

причиной возникновения микроорганизмов является не атмосфера, а нарушение условий эксплуатации сооружений из бетона. Микроорганизмы начинают активно развиваться в условиях постоянной сырости, так что важно помнить об этом при пользовании зданием.

Последний, не так сильно распространенный вид коррозии бетона, – это радиационный. В этом случае из-за действующей радиации, ионизирующего излучения, из бетона удаляется кристаллизованная вода. Удаление такой воды нарушает структуру, и прочность материала снижается. При долгом облучении кристаллические вещества могут приобретать состояние, подобное жидкому, иначе оно называется аморфное. Как результат, всё это вызывает трещины, увеличение внутренних напряжений в бетоне.

4. Факторы развития коррозии

Не секрет, что разрушение различных сооружений происходит в разные сроки. На коррозию влияют следующие факторы:

- пористость материала;
- капиллярность материала;
- преобладающие компоненты в атмосферных осадках;
- способность верхнего слоя бетона противостоять веществам.

Пористость – является одним из основных свойств бетона. Этот показатель характеризует наличие пор и плотность. Напрямую от этого свойства проистекает другое – способность к водопоглощению. Капиллярно-пористая структура позволяет бетону впитывать воду из воздуха, при осадках и в других случаях. Бетон, имеющий сильно пористую структуру и, соответственно, большое водопоглощение, имеет больше всего шансов начать разрушаться от физико-химической коррозии. Защита бетонной конструкции должна быть продумана на этапе строительства. Поэтому очень важно проведение строительных работ профессионалами, которые смогут сделать бетонную смесь нужной пористости, чтобы в дальнейшем защита бетонной конструкции от физико-химической коррозии не тревожила владельца строения.

5. Способы защиты

В связи с тем, что в последнее время огромное количество зданий и сооружений возводится из бетона, большую роль стала играть защита этого материала от внешних воздействий. Чаще всего она основывается на защите поверхности бетона (рисунок 5), на использовании бетона с минимальной капиллярной структурой и применении особых добавок, которые не дают образовываться микротрещинам, защищают от выщелачивания и вымывания. Все эти мероприятия можно отнести к одной из двух групп. В первую группу входят такие мероприятия, которые изменяют состав бетона, делают его более устойчивым.

Во вторую группу входят средства, при которых поверхность бетона покрывается различными веществами, пропитками, лаками и так далее (рисунок 6). Иногда в состав таких веществ могут входить добавки, которые защищают бетон от образования микроорганизмов на нём. Эффективно использование цельных листов

из какого-либо защитного материала. В этом случае увеличивается скорость обработки, а защита не страдает.

Нередко сочетаются оба способа: бетон покрывается специальным веществом, но оно не только находится на его поверхности, но и впитывается внутрь, проникает в его толщу. На сегодняшний день к ним относятся комплексы материалов из групп «Дегидрол», «Бетоноправ», «Контацид». Такие средства очень эффективны, они могут обеспечивать практически полную гидроизоляцию, увеличивают морозостойкость и коррозионную стойкость бетонов (рисунок 7). «Контацид» в сочетании с «Дегидролом», а при бетонировании - также с «Бетоноправом», обеспечивает единую взаимоусиливающую защиту конструкций из бетона, создание коррозионностойкого кислотозащитного слоя на поверхностях бетона, эксплуатируемых



Рис.5. Любые защитные покрытия на бетонные поверхности можно наносить после того, как они просохнут.



Рис.6. Если на сооружение будет длительное время воздействовать агрессивная среда, то такие сооружения покрывают гидроизоляционными смесями.

при воздействии агрессивных сред с $pH=0-5$. Совместная работа комплекса данных материалов формирует реактивное защитное покрытие, которое упрочняется под действием кислоты. При этом процесс усиления защиты протекает как на обработанной поверхности бетона, так и в глубине пропитанного бетона. Соответственно, не только нанесённый слой материала, но и пропитанная им подложка становятся защитным слоем с повышенной кислотостойкостью. Таким образом, достигается высококачественная гидроизоляция и защита в строительстве и ремонте конструкций из бетона, эксплуатируемых при постоянном или периодическом воздействии отрицательных температур, воды, солевых растворов с pH от 4 до 11, нефтепродуктов или иных агрессивных сред.



Рис.7. Места, где обнаружена коррозия, зачищают и покрывают специальными грунтовками. Они обеспечивают гидро- и пароизоляцию, а следовательно, замедляют разрушение.

Защита поверхности бетонных сооружений от влаги, обеспечивается за счёт использования, в составе которых имеются полимерцементные композиты. Силанты – это особые вещества, основной функцией которых является именно защита и повышение прочности бетонных поверхностей. Находящиеся в составе этих веществ компоненты могут буквально просачиваться на несколько сантиметров вглубь, в результате, структура поверхности бетона изменяется – получается аналог мембраны, которая может пропускать воду только в одном направлении: изнутри наружу. В итоге влажность бетона только уменьшается, а не колеблется со временем.

Для использования по заявленным областям применения в соответствии с требованиями СП 28.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) «Защита строительных конструкций от коррозии» вышеуказанные материалы обладают необходимыми нормативными техническими показателями (таблица 1).

Таблица 1. Основные технические показатели

<i>Исходного материала:</i>	
1. Массовая доля хлоридов, %, не более	0,01
2. Наибольшая крупность зерен заполнителя порошкового компонента, мм	0,5
3. Насыпная плотность порошкового компонента, г/см ³	1,2-2
4. Плотность жидкого компонента, г/см ³	1,2-2
<i>Рабочего раствора материала:</i>	
5. Сроки схватывания: - начало, час, не ранее - конец, час, не позднее	0,5 10
<i>Достижимые после затвердевания раствора материала:</i>	
6. Прочность на сжатие материала, МПа, не менее	20
7. Адгезия слоя материала с бетоном, МПа не менее	4
8. Коэффициент кислотостойкости, %, не менее	95

6. Коррозия железобетона

Разрушению из-за влаги и химических соединений подвержены строения не только из бетона, но и из железобетона. Железобетон – это композиционный материал, в котором используется сочетание бетона и стальной арматуры, монолитно соединённых и совместно работающих в конструкции. Бетон является хрупким материалом, плохо сопротивляется растяжению или изгибу, из него изготавливают в основном мелкоштучные изделия (камни, плитки, блоки). Чтобы компенсировать недостатки бетона, его армируют. Сочетание двух крайне различающихся своими свойствами материалов основано на том, что прочность бетона при растяжении в 10-20 раз меньше, чем при сжатии, поэтому в железобетонной конструкции он предназначен для восприятия сжимающих усилий. Сталь, обладающая высокой прочностью при растяжении. Используется для восприятия растягивающих усилий. Взаимодействие этих материалов весьма эффективно: бетон при твердении сцепляется со стальной арматурой и защищает её от коррозии, так как в процессе гидратации цемента образуется щелочная среда. Монолитность бетона и стали обеспечивается также близостью их коэффициентов линейного расширения (от $9 \cdot 10^{-6}$ до $12 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹).

В железобетонных конструкциях дополнительно присутствует арматура из металла, которая может стать источником (причиной) коррозии

электрохимического типа. Однако, несмотря на это, железобетон – более устойчивый материал, чем обыкновенный бетон. Источником его устойчивости является наличие специального слоя на поверхности; именно он защищает внутреннюю структуру. Но и здесь с течением времени атмосфера, а конкретно углекислый газ и осадки с растворами солей, разрушают этот слой. Защита железобетонной конструкции в этом случае, будет отличаться от способов защиты бетона от коррозии.

Для того чтобы минимизировать последствия электрохимической коррозии и максимально замедлить процесс разрушения, в бетон вводятся специальные вещества. Такие вещества называются ингибиторами металлической коррозии; основное их предназначение – защита материала, посредством создания защитной плёнки на поверхности арматуры, важно не допустить её контакт с бетоном, влагой и окружающим воздухом. Ингибиторы можно наносить на поверхность или добавлять в бетон в процессе производства. Подобная защита гарантирует сохранность железобетонных конструкций от появления коррозии (рисунок 9).



Рис.9. Металлические части конструкции покрывают специальными лакокрасочными защитными материалами.

Помимо этого, для защиты арматуры железобетона часто применяют и стандартные методы, которые хорошо зарекомендовали себя при использовании в обыкновенных металлических конструкциях. Например, так называемый способ протекторных анодов. При этом способе с каркасом железобетона соединяется другой металл, который в большей степени склонен к электрохимической коррозии. Защита заключается в том, что соединяясь с железобетонным каркасом, идёт электрохимическая реакция, разрушению подвергается именно этот металл-болванка. Таким образом, электрохимическая коррозия железобетона начинается только после того, как эта болванка полностью разрушится.

7. Заключение

Коррозия бетона и железобетона - это процесс разрушения материалов под действием той среды, где ведётся их эксплуатация. Устойчивость бетона к этим

процессам обусловлена плотностью материала. Осуществляется эта устойчивость применением специальных добавок и композитов, обеспечивающих стойкость цементного камня и стальной арматуры, а также снижающих проницаемость бетона. Существующие в настоящее время на строительном рынке химические добавки (рисунок 10) позволяют создавать цементные композиции для различных условий эксплуатации железобетонных конструкций и гарантировать получение бетонов высокой прочности, однородности, низкой проницаемости, повышенной долговечности и коррозионной стойкости. Использование средств покрытия поверхности бетона либо арматуры различными веществами, пропитками, лаками, ингибиторами коррозии и т.д. также достаточно эффективно. Подробнее о современных антикоррозионных материалах будет описано в следующей статье.



Рис.10. Химические антикоррозионные добавки для бетонов

Библиография

- 1.Марковский М.Ф. (отв. ред.) Проблемы современного бетона и железобетона: сборник трудов. Стринко, 2007
- 2.Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. Коррозия бетона и железобетона. Методы их защиты. М., Стройиздат, 1980
- 3.Шнейдерова В.В. Антикоррозионные лакокрасочные покрытия в строительстве. М., Стройиздат, 1980
4. Машкин Н. А., Игнатова О. А. Строительные материалы. Краткий курс. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2012
5. <http://bibliotekar.ru/spravochnik-33/118.htm>
6. <http://betonkharkov.com.ua/news/korroziya-betona-i-zhelezobetona>
7. <http://1pobetonu.ru/remont/korroziya-betona.html>
8. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85
9. Евростандарт EN 206-1 «Бетоны».