

Коррозионные процессы металлических гидрошпонок

А.В. Васильев, Н.И. Фомин, В.А. Савватеев

Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург.

Аннотация: Исследование направлено на изучение коррозионных процессов металлической гидрошпонки внутри технологических швов с целью обеспечения ее герметичности и сохранения эксплуатационных качеств, так как в случае возникновения коррозии, гидрошпонка может потерять свои функциональные свойства, что может привести к протечкам грунтовой воды. На данный момент не существует единого источника, содержащего полный набор информации по коррозионным процессам применительно к металлическим гидрошпонкам, что ведет к ошибкам в проектировании, так как осуществить правильный выбор металлической гидрошпонки крайне затруднителен, потому что для анализа данных и определения параметров, обуславливающих скорость коррозии металлических гидрошпонок в технологическом шве бетонирования, требуется учет большого количества параметров, связанных с исследованием грунтовых вод.

Ключевые слова: гидроизоляция, технологический шов, металлическая гидрошпонка, коррозионные процессы, бетон, гидроизоляционная система, грунтовая вода, карбонизация, оцинкованные гидрошпонки, медные гидрошпонки, гидрошпонки из нержавеющей стали.

Введение

Технологический шов бетонирования образуется в результате перерывов во времени (в основном, технологических) в процессе укладки слоев бетонной смеси при бетонировании монолитных конструкций. Данный шов возникает на границе между «новым» и «старым» слоями уложенной и твердеющей смеси. В этом случае один слой («старый») уже имеет определенную прочность, а второй только начинает твердеть, поэтому между ними не обеспечивается полноценная адгезия и, как следствие, образуется участок возможных протечек поверхностных, подземных или атмосферных вод, который необходимо дополнительно гидроизолировать. Ненадежно выполненная гидроизоляция технологических швов бетонирования приводит не только к появлению протечек и возникновению сырости в заглубленных помещениях, но также снижает долговечность монолитных конструкций [1].

Распространенная технология бетонирования вертикальных конструкций сопровождается устройством технологических швов. Поэтому на практике реализуются различные мероприятия по улучшению эксплуатационных качеств (включая повышение водонепроницаемости) горизонтальных технологических швов бетонирования. Одним из таких мероприятий является применение металлических гидрошпонок, предотвращающих просачивание воды через технологический шов. Такие гидрошпонки, по мнению производителей [2], обладают высокой эффективностью, обусловленной химическим взаимодействием металла и бетона конструкции за счет адгезионных связей, образованием пассивной среды, защищающий металл от агрессивного воздействия окружающей среды.

На данный момент при устройстве гидроизоляции технологических швов на российском рынке в основном используют гидрошпонки, выполненных из поливинилхлорида (ПВХ), однако объем применяемых на практике металлических гидрошпонок, вследствие их преимуществ [3] постепенно нарастает. Перечислим основные выявленные преимущества металлических гидрошпонок:

1. Относительно низкая стоимость изделия;
2. Высокая технологическая надежность монтажа, обусловленная собственной жесткостью гидроизоляционного изделия;
3. Эффективность гидроизоляции.

При этом у них имеется один серьезный недостаток по сравнению с химически нейтральными гидрошпонками ПВХ, а именно: наличие коррозионных процессов в объеме шва, при которых возможна потеря эксплуатационных качеств гидрошпонки. Как известно, коррозия – это самопроизвольный протекающий процесс разрушения металла в результате взаимодействия с окружающей средой. Различают коррозию двух видов: химическую и электрохимическую [4]. Химическая коррозия металлической

гидрошпонки в бетоне маловероятна, поэтому процессы, которые в ней возникают, имеют природу электрохимической коррозии, т. е. обусловлены переносом электрических зарядов.

Общая реакция взаимодействия металла гидрошпонки с внешней средой может быть разделена на два самостоятельных процесса:

- анодный (окислительный) процесс, при котором происходят переходы металлических ионов в раствор с образованием гидратированных ионов и соответствующего количества избыточных электронов на поверхности металла;
- катодный (восстановительный) процесс, при котором происходит ассимиляция избыточных электронов ионами, атомами или молекулами электролита, которые при этом восстанавливаются.

Из вышесказанного следует, что в случае применения металлических гидрошпонок в технологическом шве, может происходить электрохимическая коррозия. Вместе с этим, грунтовая вода, которая просачивается в шов и вызывает коррозию шпонки, также обладает параметрами, влияющими на скорость процессов коррозии (см. рис. 1).

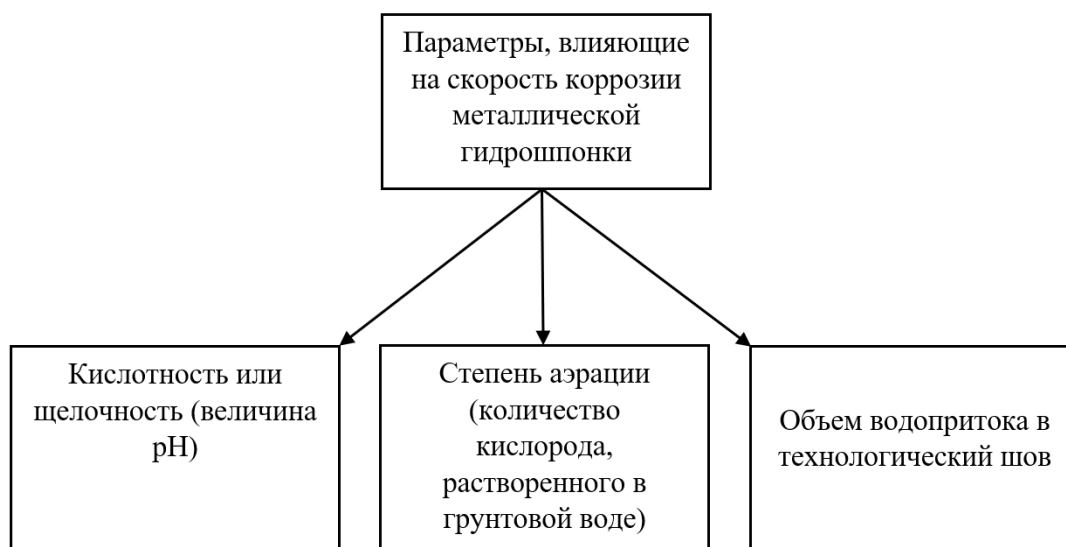


Рис.1. - Параметры, влияющие на скорость коррозии металлической гидрошпонки в технологическом шве бетонирования

В связи с этими особенностями, на отечественном рынке применяются металлические гидрошпонки с оцинкованным покрытием, обеспечивающим защиту металла шпонки от коррозии (см. рис. 2).



Рис.2. - Применение оцинкованного стального листа в качестве гидрошпонки на объекте в г. Екатеринбурге

Необходимо отметить, что помимо оцинкованных металлических гидрошпонок, в других странах также применяются гидрошпонки, изготовленные из меди и нержавеющей стали.

Коррозионные процессы металлических гидрошпонок в технологическом шве.

1. Влияние pH грунтовой воды на скорость коррозии металла гидрошпонки

При контакте металлической гидрошпонки с грунтовой водой в технологическом шве будет происходить взаимодействие воды с пленкой из оксидов или гидроксидов, защищающей металл [5]. При различных значениях pH оксиды и гидроксиды растворяются, после чего начинаются коррозионные процессы в металле гидрошпонки (см. рис. 3).

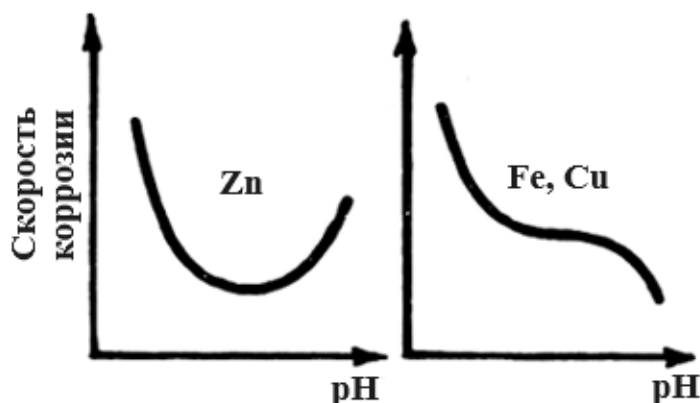


Рис.3. - Схематическая зависимость скорости коррозии металлов от pH [5]

Поскольку, как упоминалось выше, в международной строительной практике применяют гидрошпонки из меди (*Cu*), с оцинкованным покрытием (*Zn*), а также из нержавеющей стали рассмотрим их более подробно. Кроме этого, включим в анализ также горячекатаную сталь, применяемую для изготовления стержневой арматуры (железо (*Fe*) является основным компонентом (98,5%) горячекатаной стали по ГОСТ 5781-82) и рассмотрим возможность изготовления из нее металлических гидрошпонок.

Металлы *Fe* и *Cu* с защитной поверхностью из гидроксидных пленок основного типа, не стойки в кислотных средах, поэтому скорость их разрушения при низких значениях *pH* велика и, наоборот, в щелочной среде соответственно приобретают устойчивость, в результате образования нерастворимых гидроксидов (поэтому арматура в бетоне не корродирует без дополнительного агрессивного воздействия). Однако эти металлы недостаточно коррозионно-устойчивы в области значений *pH*, близких к нейтральной среде, из-за несплошности поверхности защитных пленок.

Металл *Zn* устойчив в области значений *pH*, близких к нейтральной среде, поскольку поверхность изделия из цинка покрывается оксидными и гидроксидными пленками, обладающими амфотерными свойствами, при этом коррозия ускоряется не только в кислой, но и в щелочной среде, поскольку их гидроксиды образуют в щелочной и кислой среде растворимые

соединения. Из анализа общедоступной информации по рынку металлических гидрошпонок, выполненных из нержавеющей стали, не представляется возможным составить наглядное описание характеристик в виде графиков зависимости коррозионной стойкости от pH среды, так как производители не сообщают наименований стали. Вместе с этим, из имеющихся обзоров следует, что металлические гидрошпонки из нержавеющей стали в целом устойчивы к кислой и щелочной среде.

Поскольку на отечественном рынке применяются оцинкованные металлические гидрошпонки, рассмотрим их более подробно.

Цинкование – это процесс диффузионного насыщения поверхности металла цинком, он защищает металл сразу двумя способами – барьерным (пассивным) и катодным (также называемым активным, протекторным или электрохимическим). Катодная защита подразумевает, что цинк при нанесении на железо образует с ним гальваническую пару, в которой железо выступает, как менее активный металл, а цинк – более активный. Защитный процесс продолжается до полного истощения слоя цинка. Таким образом, толщина защитного слоя цинка влияет на продолжительность работы металлической гидрошпонки в теле бетона.

Как отмечалось выше, цинк нестабилен в кислотных и щелочных средах (см. рис. 3), однако, в щелочной среде бетона цинк защищен несколькими способами. Как указано в [6] "во влажном цементе цинковое покрытие пассивируется естественным образом путем образования адгезионного слоя гидроксидцинка кальция. При $pH = 12,6$ поверхность цинка полностью покрывается плотным слоем кристаллов, для формирования которого расходуется около 10 мкм чистого цинка. Пассивный слой остается неповрежденным, даже при защелачивании до $pH = 13,6$. Оставшаяся часть покрытия (обычно 100 мкм и более) также остается неповрежденной на протяжении длительного периода времени, пока среда с пороговой

концентрацией хлоридов не достигнет глубины армирования. Если пассивный слой будет разрушен, то начнется растворение оставшегося свободного цинка, образуя продукты коррозии".

Представленные закономерности наблюдаются в сплошном теле бетона, (см. рис. 4, А участок 3), но в технологическом шве бетонирования при щелочных и кислотных грунтовых водах будет происходить несколько иной механизм коррозии. Так, из рисунка (см. рис. 4, Б, участок 2) следует, что в технологическом шве бетонирования будет происходить коррозия оцинкованной металлической гидрошпонки, что приведет к постепенному снижению гидростатического сопротивления гидрошпонки.



Рис. 4, А - Схема работы металлической гидрошпонки в качестве гидроизоляции технологического шва бетонирования: 1 – металлическая гидрошпонка; 2 – грунтовая вода; 3 – бетон; 4 – участок взаимодействия металлической гидрошпонки и грунтовой воды;

5 – участок взаимодействия металлической гидрошпонки и бетона

Рис. 4, Б - Коррозионные процессы металлической гидрошпонки в технологическом шве бетонирования: 1 – металлическая гидрошпонка; 2 - поврежденные участки металлической гидрошпонки в результате коррозионных процессов; 3 – грунтовая вода; 4 – бетон.

Стоит отметить, что графики скорости коррозии различных металлов идентичны для определенных групп металлов, так как они показывают поведение металла в различных pH в целом, однако свойства самих металлов противостоять коррозии различаются. Это связано с различными потенциалами окисления металлов, которые определяют, насколько легко металл может потерять электроны и стать ионами. Если металл имеет высокий потенциал окисления, то он будет менее склонен к коррозии. Так как металлические гидрошпонки находятся в технологическом шве бетонирования и в большинстве случаев взаимодействуют с подземными грунтовыми водами, то следует рассмотреть параметры подземной коррозии металлов [7]. Подземная коррозия является разновидностью электрохимической коррозии, вызванной действием почвы и грунтовых вод. Отметим, что показатели подземной коррозии могут быть различными, так как они зависят от вида почвы и характеристики грунтовых вод (см. табл. 1).

Таблица №1

Приблизительная скорость коррозии металлической гидрошпонки, мкм/год (по результатам испытаний, проведенных в различных городах Швеции) [7].

Металл	Глубина	г. Лаха (торф)	г. Линчёпинг (песок)	г. Гетебург (илистая глина)	г. Ска (илистая глина)	г. Рида (глина)
Медь	0,7 м	< 0,1	0,5	2,2	3,3	0,7
	1,7 м	< 0,1	0,5	0,5	0,3	0,1
Цинк	0,7 м	22	1,2	13	9,0	11
	1,7 м	20	4,5	9,6	9,9	6,5

Отдельно стоит отметить, что минимальная скорость подземной коррозии железа (Fe) в химически нейтральных средах составляет 50 мкм/год, а в средах коррозионно-активных – 200 мкм/год [7].

Исходя из представленного выше анализа, можно сделать следующий вывод: если металлическую гидрошпонку изготовить из горячекатаной стали без дополнительной защиты, то она будет обладать в технологическом шве невысокой долговечностью. При применении гидрошпонки из оцинкованной стали требуется обеспечить толщину оцинкованного покрытия, которая по ГОСТ 9.307-2021 может варьировать в диапазоне от 40 до 200 мкм. Поэтому при выборе толщины оцинкованного покрытия, влияющей на стоимость, для металлической гидрошпонки необходимо учитывать результаты анализа почвы и грунтовой воды.

Отметим, что данные в таблице №1 даны для оценки приблизительной скорости коррозии металлов, при этом более точные параметры скорости коррозии будут зависеть от количества растворенного кислорода в грунтовой воде (аэрации) и объема водопритока в технологическом шве бетонирования.

2. Влияние аэрации грунтовой воды на скорость коррозии металлической гидрошпонки

Коррозия стали ограничена в основном катодными процессами восстановления кислорода, и увеличение концентрации кислорода усиливает коррозию. Пористый грунт может способствовать процессам более интенсивной аэрации, что увеличивает скорость коррозии. Установлено, что различные типы почв оказывают разное влияние на скорость коррозии металла, причем наиболее коррозионноактивными являются глинистые и засоленные почвы с высокой электропроводимостью, а наименее – сухие песчаные или известковые почвы с высоким электросопротивлением. Почвы с тонким гранулометрическим составом, высокой кислотностью и высоким окислительно-восстановительным потенциалом имеют повышенную коррозионную активность. Интенсивность коррозионных процессов наиболее высока при влажности почвы в пределах 15-20 %, а при увеличении влажности скорость коррозии заметно снижается из-за затрудненной

диффузии кислорода через почвенные капилляры, заполненные влагой [5] (см. рис. 5).

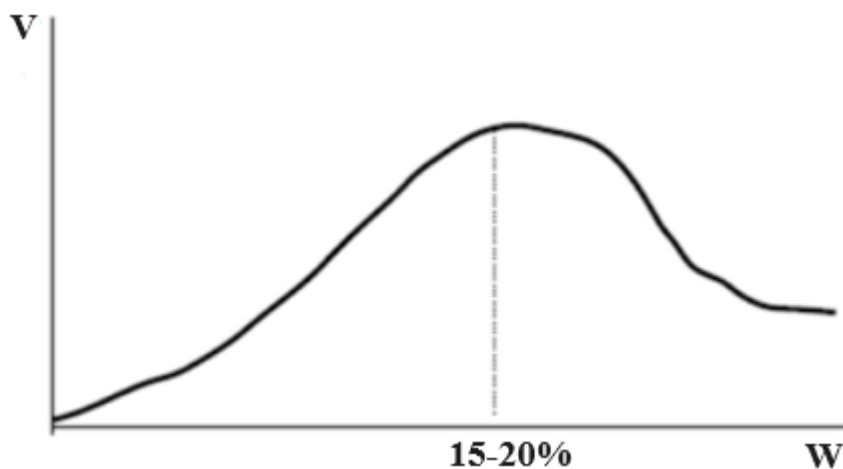


Рис.5. - Схематическая зависимость влияния влажности почвы (в % от максимальной влагоемкости) на скорость почвенной коррозии: V – скорость коррозии, W – относительная влажность почвы [7]

3. Влияние объема водопритока в технологическом шве на скорость коррозии металлической гидрошпонки

С возрастанием объема водопритока грунтовой воды в технологический шов бетонирования интенсивность коррозии металлической гидрошпонки будет возрастать. Увеличение объема притока грунтовой воды в технологическом шве прямо пропорционально связано с увеличением количества кислорода у поверхности металлической гидрошпонки (см. рис. 6, участок 1), что приводит к возрастанию скорости коррозии. Последующее снижение скорости коррозии при достаточно быстром водопритоке объясняется тем, что обилие кислорода приводит к пассивации анодных участков (кислород выступает как замедлитель коррозии) (рис. 6, участок 2), однако при высоком темпе водопритока грунтовой воды в технологическом шве происходит стремительная коррозия, вследствие эрозии, т.е. механического разрушения защитных пленок или даже структуры самого металла (см. рис. 6, участок 3).

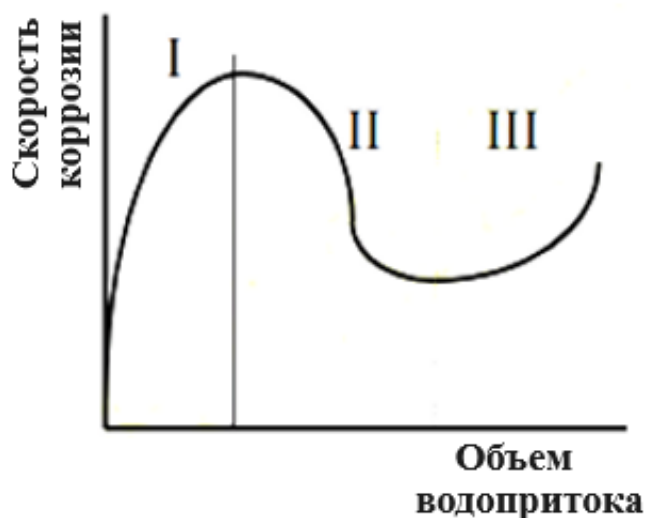


Рис. 6. - Схематическая зависимость скорости коррозии от объема водопритока [8]

Данные характеристики напрямую связаны с фильтрационной способностью грунтов. Чем выше коэффициент фильтрации, тем быстрее вода просачивается через грунтовый массив и подходит к технологическому шву железобетонной конструкции.

Поэтому степень воздействия на металл будет также отличаться. Интенсивность фильтрации, то есть течение жидкости под разницей давлений, описываются законом Дарси:

$$V = k_{\phi} \cdot \text{grad}l, \quad (1)$$

где v – линейная скорость фильтрации, см/с;

k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, см/с;

$\text{grad}l$ – градиент напора, равный отношению величины падения напора (ΔH) к длине пути фильтрации (L), т. е.

$$\text{grad}l = \Delta H / L \quad (2)$$

Коэффициент фильтрации является основной характеристикой водопроницаемости грунтов, которая зависит от большого числа факторов. Наиболее существенно на k_{ϕ} влияют структурно-текстурные особенности грунта: гранулометрический состав, его однородность, форма и размер пор,

ширина раскрытия трещин и т. п. В зависимости от этих факторов коэффициент фильтрации различных грунтов меняется в очень широких пределах.

Коррозионные процессы металлических гидрошпонок в теле бетона

Не только поверхность металлической гидрошпонки, находящаяся в непосредственном контакте с грунтовой водой в технологическом шве, подвержена коррозии, коррозия происходит также в частях гидрошпонки, расположенных ниже и выше технологического шва, то есть на участках металлической гидрошпонки, непосредственно контактирующей с бетоном.

Существует достаточно обширный перечень исследований, посвященных работе арматуры в теле бетона. Поскольку арматура и шпонки изготовлены из металла, то они имеют схожие закономерности, описывающие их работу в бетоне. Поскольку мы рассматриваем гладкий стальной лист, то в качестве аналога можно принять гладкий арматурный стержень из горячекатаной стали (с содержанием железа не менее 98,5 %, в соответствии с ГОСТ 5781-82).

В бетоне стальная арматура находится в контакте с поровой жидкостью, находящейся в капиллярно-пористой структуре бетона, имеющей $pH > 11,8$ [9]. Воздействие щелочной среды на сталь переводит её в пассивное состояние, обусловленное формированием на поверхности металла оксида железа. Кроме того, слой бетона, соприкасающийся с арматурой, в той или иной степени, обладает изолирующей способностью и защищает ее от коррозии, поскольку образуется пассивная пленка.

Оксид железа является более устойчивым по сравнению с железом, но реальная структура пассивированной защитной пленки является хрупкой и тонкой: толщина составляет от 1 до 10 мкм [10].

Нарушение пассивной пленки, защищающей металл, и дальнейшая коррозия гидрошпонки возможна по основным следующим причинам:

- снижение рН поровой жидкости до величин ниже 11,8;
- наличия кислорода на поверхности стали;
- проникновение к поверхности стали агрессивных хлорид-ионов;
- ускорение анодных процессов растворения стали.

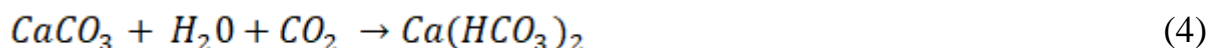
Рассмотрим особенности этих процессов.

1. Снижение рН поровой жидкости.

Нейтрализация высокощелочной среды бетона происходит за счет обменной реакции гидроксида кальция в бетоне с кислыми газами в воздухе (в основном CO_2). Этот процесс называется карбонизацией бетона:



Процесс карбонизации начинается с поверхности бетонной конструкции с момента ее изготовления и движется вглубь по мере проникновения углекислого газа внутрь бетона [10]. Образующийся карбонат кальция по объёму ненамного превышает объём гидроксида кальция и не представляет большой опасности для прочностных свойств бетона. Однако избыточная концентрация CO_2 может приводить к растворению осадка с образованием растворимого бикарбоната, который, вымываясь из бетона, увеличивает объём пор и снижает его прочность [10]:



Таким образом, высокощелочная среда нейтрализуется в теле бетонной конструкции, разрушается пассивная пленка вокруг гидрошпонки, возникает контакт металла с грунтовой водой.

2. Наличие кислорода на поверхности стали

Наличие кислорода на поверхности стали приводит к коррозионным процессам за счет разности потенциалов между кислородом и металлом в присутствии электропроводной среды. Электропроводность в данном

процессе обеспечивает электролит, который представляет собой поровый раствор в бетоне, содержащий различные ионы.

Доступ кислорода к металлической гидрошпонки невозможно полностью ограничить. Диффузионная способность кислорода в бетоне сильно зависит от содержания воды и пористости (см.рис. 7).

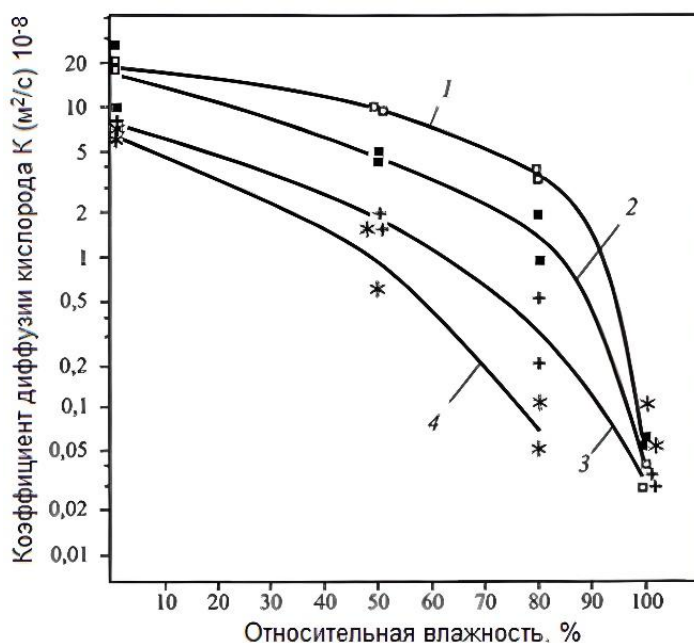


Рис. 7. - Расчетный коэффициент диффузии кислорода для бетонов на портландцементе и портландцементе с минеральными добавками при различной влажности воздуха: 1 – портландцемент, В/Ц = 0,67; 2 – портландцемент с минеральными добавками, В/Ц=0,7; 3 – портландцемент, В/Ц=0,42; 4 – портландцемент с минеральными добавками, В/Ц=0,4 [10]

Наличие кислорода и проводимость электролита оказывают влияние на коррозионный процесс только при определенной влажности бетона. В сухом и водонасыщенном бетоне коррозия арматуры будет развиваться не так активно, как в бетоне, который находится при относительной влажности от 50 до 95-98%. При большей влажности значительно замедляется диффузия кислорода, при меньшей влажности в бетоне не хватает электролита.

3. Проникновение к поверхности стали агрессивных хлорид-ионов

Проникновение агрессивных хлорид-ионов к поверхности стали напрямую связано со снижением pH щелочной среды бетона. Хлориды могут быть связаны в гидратированном цементном тесте или являться свободными. В карбонизированном бетоне количество связанных хлоридов почти равно нулю, и они могут переходить в свободное состояние. Карбонизация приводит к химическому переходу связанных хлоридов в свободное состояние, что увеличивает вероятность получения растворов электролитов и усиливает электрохимическую коррозию. Данные электролиты проникают через пассивирующий слой на металле, вызывая его коррозию. Предполагается, что ионы хлора внедряются в отдельные уязвимые места пассивных слоев, создавая анодные дефекты и обеспечивая возможность легкого переноса ионов. В этих местах может происходить активная коррозия металла, которая продолжается автокатализом. Ионы хлора и двухвалентного железа вступают в реакцию, образуя растворимые соли, которые диффундируют в направлении от анодного участка. При достижении области высокого водородного показателя происходит распад солей, высвобождая хлориды, которые продолжают разрушать металл [10].

4. Ускорение анодных процессов растворения стали

Достигая арматуры, карбонизация переводит сталь в активное состояние, а поступающие в бетон кислород (окислитель) и влага (электролит) обеспечивают процесс коррозии, проходящий по электрохимическому принципу, а поступление агрессивных хлорид-ионов усиливает процесс коррозии металла (см. рис. 8). При взаимодействии с электролитами металлы самопроизвольно растворяются, переходя в более устойчивое окислённое или ионное состояние.

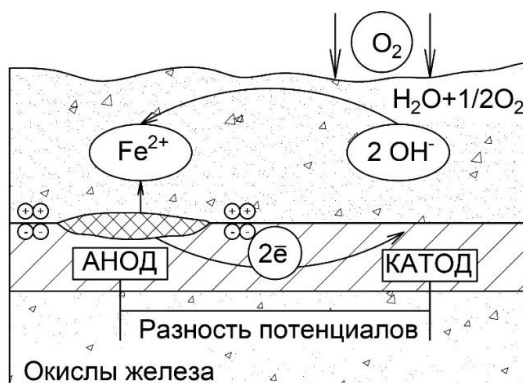


Рис.8. - Схема электрохимической коррозии арматуры в бетоне при нарушении пассивности стали [11]

Таким образом, коррозионный процесс возникает в результате работы множества короткозамкнутых гальванических элементов, образующихся вследствие: неоднородности металлов; из-за влияния примесей или окружающей среды, изменений температуры и т.д. Общая реакция взаимодействия металла со средой может быть разделена на самостоятельные процессы, такие как анодный (он еще называется окислительный) процесс перехода металлических ионов в раствор с образованием гидратированных ионов и соответствующего количества избыточных электронов на поверхности металла и катодный (он еще называется восстановительный) процесс, который происходит на поверхности электрода, противоположной аноду, в этом процессе избыточные электроны, полученные в анодном процессе, передаются на катод, где происходит восстановление ионов из раствора в металлическую форму.

Результаты

Исходя из информации выше, можно сделать вывод, что коррозионные процессы могут быть в технологическом шве бетонирования и в теле бетона. Причем для анализа данных и определения параметров, обуславливающих скорость коррозии металлических гидрошпонок в технологическом шве бетонирования, требуется учет большого количества параметров, связанных с исследованием грунтовых вод на площадке строительства здания или

сооружения. При этом на практике определить все параметры, включая степень аэрации, достаточно сложно. Поэтому для относительно точной оценки параметров гидрошпонки необходимо, как минимум, оценить: объем водопритока в технологический шов и рН воды.

Касаемо коррозионных процессов металлической гидрошпонки в теле бетона, был рассмотрен металл (горячекатаная сталь), не защищённый от воздействия коррозионных процессов. При низких уровнях коррозии образуется тонкий сплошной слой продукта коррозии, сцепление увеличивается. Но со временем данный слой отслаивается с повышением уровня коррозии, тем самым прочность сцепления металла и бетона уменьшается. Нагляднее всего это заметно на графике влияния коррозии на адгезию гладкого арматурного стержня в образцах бетона (см.рис. 9).

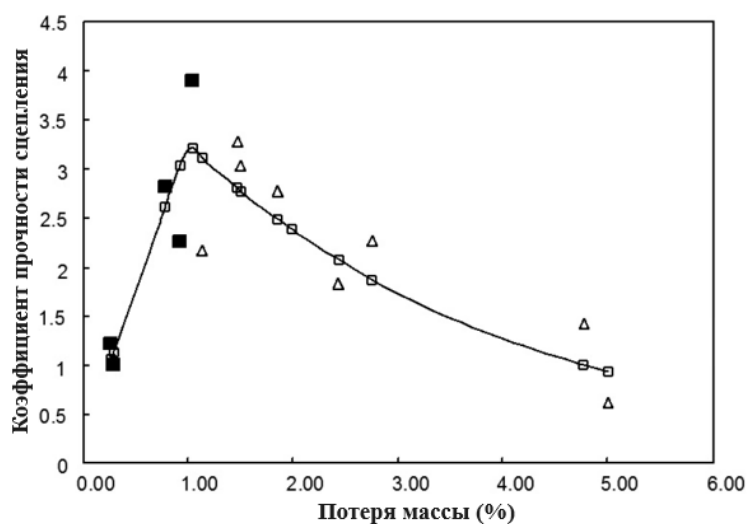


Рис.9. - График влияния коррозии на адгезию гладкого арматурного стержня в образцах бетона [12]

Так как адгезия между гладким арматурным стержнем и бетоном уменьшается из-за коррозионных процессов, то данное явление можно «перенести» на описание работы металлической гидрошпонки в теле бетона. Если происходит коррозия металлической гидрошпонки, то на границе бетон-металлическая гидрошпонка образуется слабое место [13], через которое может свободно перетекать вода, вследствие уменьшения адгезии

между металлом и бетоном (рис. 10). По сути, образуется дополнительный шов, на границе гидрошпонка-бетон.

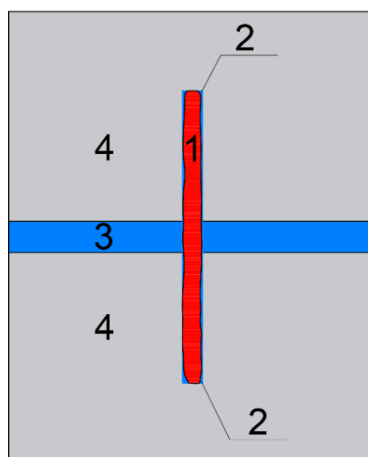


Рис. 10. - Коррозионные процессы металлической гидрошпонки в теле бетона: 1 – металлическая гидрошпонка; 2 – поврежденные участки металлической гидрошпонки в результате коррозионных процессов; 3 – грунтовая вода; 4 – бетон

Таким образом, можно сделать вывод, что использование металлических гидрошпонок без применения защиты от действия агрессивной среды, неэффективно, а долговечность такого изделия нельзя признать удовлетворительной.

В случае взаимодействия металла с окружающей средой и постоянной влагой через некоторое время на его поверхности образуется коррозия, что впоследствии может привести к частичному или полному разрушению металла.

Заключение

Из представленного анализа можно сделать вывод, что при использовании металлических гидрошпонок могут происходить коррозионные процессы, вследствие воздействия непосредственно грунтовой воды. Вследствие чего необходимо применять меры по защите металлических гидрошпонок и цинкование металлических гидрошпонок, которое применяется в Российской практике, является одним из типов такой защиты, но в определенных

случаях ее применение оправдано, но в других условиях нет, так например металл с оцинкованным покрытием устойчив в нейтральных средах, но неустойчив в кислой среде и щелочной среде в технологическом шве бетонирования при взаимодействии с грунтовыми водами, также при применении оцинкованной металлической гидрошпонки требуется обеспечить определенную толщину оцинкованного покрытия, которая по ГОСТ 9.307-2021 может варьировать в диапазоне от 40 до 200 мкм и при выборе толщины оцинкованного покрытия, влияющей на стоимость, для металлической гидрошпонки необходимо учитывать объем водопритока в технологический шов бетонирования. Немаловажным фактором является возможность коррозионных процессов металлической гидрошпонки в теле бетона вследствие карбонизации бетона, при котором возможна потеря пассивированной пленки металлической гидрошпонки и последующая электрохимическая коррозия.

При проектировании зданий и сооружений необходимо определять свойства будущих воздействий на гидроизоляционную систему зданий и сооружений и в зависимости от этого закладывать необходимый тип металлических гидрошпонок. На зарубежных рынках присутствуют сразу три вида металлических гидрошпонок, сделанных из нержавеющей стали, меди, и оцинкованной стали, и данные типы металлических гидрошпонок можно варьировать между собой, исходя из требуемых параметров защиты от агрессивного воздействия грунтовых вод в технологическом шве бетонирования, так например:

- оцинкованные гидрошпонки устойчивы в грунтовых водах с нейтральной кислотностью ($pH = 7$), но неустойчивы в кислых и щелочных средах;
 - медные гидрошпонки устойчивы в грунтовых водах с высокой щёлочностью, но неустойчивы в кислых средах.
-
-

- металлические гидрошпонки из нержавеющей стали устойчивы к кислой и щелочной среде.

Также, требуется отметить, что на сегодняшний день на рынке появились металлические гидрошпонки с различной дополнительной защитой на поверхности, выполненных на основе резины, со стороны воздействия грунтовых вод в технологическом шве бетонирования, которые позволяют сочетать в себе сразу две гидрошпонки из резины и из металла [14]. Покрытие из резины позволяет противостоять разрушительному воздействию грунтовых вод, а металл позволяет создать необходимую жёсткость изделию.

Литература

1. Васильев А.В., Фомин Н.И. Ремонтная гидрошпонка для холодных швов бетонирования. Патент на полезную модель № 215958, Бюл. № 2, 11.01.2023. МПК E04B 1/64 (2006.01), СПК E04B 1/64 (2022.08). URL.: elar.urfu.ru/handle/10995/122235.
2. Waterstop. URL: jointwaterstop.com/product/stainless-steel-waterstop.
3. Васильев А.В., Савватеев В.А., Фомин Н.И., Антипин В.В. Испытания металлических гидрошпонок для гидроизоляции технологических швов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13. – № 2 (45), с.227-238.
4. Вернигорова В.Н., Королев Е.В., Еремкин А.И., Соколова Ю.А. Коррозия строительных материалов. - М.: Издательство «Палеотип», 2007. – 176 с.
5. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
6. Горячее цинкование в производстве арматуры. URL: zctc.ru/sections/zinkovanie_armaturi.
7. Янин Е. П. Коррозия как источник загрязнения окружающей среды. – М.: НП «АРСО», 2020. – 112 с.

8. Зависимость скорости коррозии от температуры, концентрации кислорода. URL: matved.ru/korroziya_temperatura.

9. Овчинникова Т. С., Маринин А. Н., Овчинников И. Г. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций. Статья Интернет-журнала «Науковедение», сентябрь – октябрь 2014, выпуск 5 (24). URL: naukovedenie.ru/issues.

10. Шилин А.А. Ремонт железобетонных конструкций: Учеб. Пособие для вузов. - М.: Издательство «Горная книга», 2010. – 519 с.

11. Пузанов А. В., Улыбин А. В. Методы обследования коррозионного состояния арматуры железобетонных конструкций. Статья журнала «Magazine of Civil Engineering», 2011, №7, с.18-25.

12. Лушникова В. Ю., Тамразян А. Г. Влияние коррозии арматуры на сцепление между арматурой и бетоном. Инженерно-строительный журнал, 2018, № 4 (80), с.128-137.

13. Vasilev A.V., Yamov V.I. Resource-saving in the operation of a building with a correctly executed waterproofing. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 481. Iss. 1. P. 012036.

14. Metal waterstop. URL: tph-bausysteme.com/en/systems-for-sealing-joints/metal-water-stops/.

References

1. Vasilev A.V., Fomin N.I. Remontnaya gidroshponka dlya xolodnyx shvov betonirovaniya [Repair waterstop for cold concreting joints]. Patent na poleznuyu model № 215958, Byul. № 2, 11.01.2023. MPK E04B 1/64 (2006.01), SPK E04B 1/64 (2022.08). URL: elar.urfu.ru/handle/10995/122235.

2. Waterstop. URL: jointwaterstop.com/product/stainless-steel-waterstop.

3. Vasilev A.V., Savvateev V.A., Fomin N.I., Antipin V.V. Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost. 2023. T. 13. № 2 (45), pp. 227-238.

4. Vernigorova V.N., Korolev E.V., Eremkin A.I., Sokolova Yu.A. Korroziya stroitel'ny`x materialov [Corrosion of building materials]. M.: Izdatelstvo «Paleotip», 2007. 176 pp.
 5. Semenova I.V., Florianovich G.M., Xoroshilov A.V. Korroziya i zashhita ot korrozii [Corrosion and corrosion protection]. M.: FIZMATLIT, 2002. 336 p.
 6. Goryachee cinkovanie v proizvodstve armatury [Hot-dip galvanizing in the production of fittings]. URL: zctc.ru/sections/zinkovanie_armaturi.
 7. Yanin E. P. Korroziya kak istochnik zagryazneniya okruzhayushhej sredy` [Corrosion as a source of environmental pollution]. M.: NP «ARSO», 2020. 112 p.
 8. Zavisimost skorosti korrozii ot temperatury, koncentracii kisloroda [Dependence of corrosion rate on temperature, oxygen concentration]. URL: matved.ru/korroziya_temperatura.
 9. Ovchinnikova T. S., Marinin A. N., Ovchinnikov I. G. Statya Internet zhurnala «Naukovedenie», sentyabr – oktyabr 2014, vypusk 5 (24). URL: naukovedenie.ru/issues.
 10. Shilin A.A. Remont zhelezobetonny`x konstrukcij [Repair of reinforced concrete structures]: Ucheb. Posobie dlya vuzov M.: Izdatelstvo «Gornaya kniga», 2010. 519 p.
 11. Puzanov A. V., Ulybin A. V. Statya zhurnala «Magazine of Civil Engineering, №7, 2011, pp.18-25.
 12. Lushnikova V. Yu., Tamrazyan A. G. Inzhenerno stroitelnyj zhurnal, 2018, № 4 (80), pp.128-137.
 13. Vasilev A.V., Yamov V.I. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 481. Iss. 1. P. 012036.
 14. Metal waterstop. URL: tph-bausysteme.com/en/systems-for-sealing-joints/metal-water-stops/.
-
-



Дата поступления: 20.11.2023

Дата публикации: 29.12.2023