

## ВЛИЯНИЕ АГРЕССИВНЫХ СРЕД НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ

Розглянуто питання впливу агресивних середовищ на корозійну стійкість та довговічність колекторів із залізобетонних труб. Як основний спосіб захисту від внутрішньої корозії запропоновано виконувати обов'язковий аналіз заповнювачів на дію агресивних кислот і лугів.

Рассмотрены вопросы влияния агрессивных сред на коррозионную стойкость и долговечность коллекторов из железобетонных труб. В качестве основного способа защиты от внутренней коррозии предлагается выполнять обязательный анализ заполнителей на действие агрессивных кислот и щелочей.

The article considers the issues of aggressive media influence upon corrosion-resistance and service lifespan of the collectors made up from reinforced concrete pipes. As the basic method of protection from internal corrosion it is suggested making obligatory tests of fillers on the effect of aggressive acids and alkalis.

В настоящее время в нашей стране сооружены тысячи километров напорных самотечных коллекторов из железобетонных труб. Коллекторы сточных вод являются ответственными сооружениями, от надежности работы которых зависит бесперебойная работа промышленных предприятий и объектов жилищного и коммунального хозяйства. Они входят в комплекс промышленного и гражданского строительства, без которого не может существовать ни один населенный пункт и ни одно промышленное предприятие. Кроме того отвод отходов с помощью коллекторов устраняет попадание их в окружающую среду и является важным мероприятием по ее защите. Анализ причин аварий показывает, что примерно в 75 % случаев повреждения обусловлены коррозионными процессами, происходящими в железобетонных трубах.

Аварии, вызванные коррозией трубопроводов, наиболее значительные не только по частоте их проявления, но и по масштабам производимых разрушений.

Причиной возникновения аварий является либо недооценка агрессивности грунтов, либо возникновение коррозии в результате хозяйственной деятельности. В большинстве случаев разрушение происходит изнутри труб при отводе вод хозяйственной деятельности предприятий, в технологических процессах которых содержатся органические вещества. Например, сточные воды предприятий пищевой промышленности имеют составы, которые считаются слабоагрессивными по кислотности и водородному показателю для бетона нормальной проницаемости.

Как известно, наиболее часто разрушение бетона происходит в верхней сводовой части трубы, которая подвергается действию насыщенной

влажностью среды. Из газов, выделяющихся из сточных вод, наибольшей агрессивностью обладает сероводород, который образуется в результате жизнедеятельности микроорганизмов, находящихся в коллекторе [1]. Биомасса микроорганизмов, не только продуцирует сероводород, но и является источником поступления сульфидов и полисульфидов, причем они окисляются до элементарной серы с последующим биоокислением и с образованием серной кислоты – главного разрушителя бетона. В разрушении бетона участвует не только сероводород, а и кислоты, выделяемые микроорганизмами. Для предприятий легкой и пищевой промышленности более опасными коррозионными агентами являются бактерии азотного цикла.

Способы придания длительной стойкости бетонным и железобетонным трубам должны учитывать возможность биологической коррозии, обусловленной, в частности, развитием тионовых бактерий, способных окислять сероводород. Для увеличения надежности и долговечности труб необходимо применять кислотоустойчивые бетоны или биоцидные бетоны со специальными добавками.

В производственных сточных водах отраслей легкой промышленности содержатся разнообразные органические вещества. Прямое определение концентрации этих веществ нередко оказывается сложным. Наиболее распространенным методом является определение количества кислорода, которое требуется для биохимического или химического окисления содержащихся в стоках органических веществ. По величине биологической потребности в кислороде (БПК) или по химической потребности (ХПК) судят о количестве органических веществ, участвующих в окислительных процессах.

Известно, что большинство органических веществ может служить пищей для различных микроорганизмов. В результате их жизнедеятельности органическое вещество минерализуется с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{C}$ ;  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{H}$ ;  $\text{NO}_3$  и  $\text{N}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{S}$ ;  $\text{PO}_4$  и  $\text{P}$ , влияющих на скорости коррозионных процессов[2].

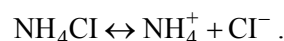
Распад органических веществ под воздействием микроорганизмов протекает в две фазы. В первой фазе проходит окисление углерода и водорода до угольной кислоты и воды, во второй – окисление азота до нитритов и затем до нитратов.

Молекула вещества, в том числе и органического, как известно, является нейтральной, однако, положительные и отрицательные заряды в ней могут быть размещены пространственно неравномерно. Если центры тяжести положительных и отрицательных зарядов пространственно не совпадают, то вокруг молекулы возникает электрическое поле. При совпадении центров тяжести зарядов электростатическое поле не образуется и атомы молекулы в этом случае находятся в неполярной связи.

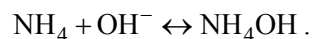
Вместе с тем, величина электростатического поля полярных молекул характеризуется динамическим моментом, представляющим собой произведение элементарного электрического заряда на расстояние между положительным и отрицательным зарядами. Примером неполярной (ионной) связи являются различные соли, примером полярной связи – вода.

Большинство растворенных в воде веществ находятся в виде ионов, связанных между собой силами электростатического взаимодействия. Каждый из них находится под воздействием воды. Причем это воздействие тем больше, чем больше концентрация ионов в растворе и чем больше их заряд.

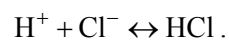
Весьма распространенными загрязнителями сточных вод являются различные соли (например,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;  $\text{Na}_2\text{S}$ ;  $\text{KCN}$ ) [1]. Все соли диссоциируют практически полностью. Однако один или оба компонента, образующие соль, являются слабыми электролитами. Электрическая диссоциация сопровождается процессами гидролиза. Гидролиз протекает не только с водными растворами солей, но и с растворами различных неорганических и органических веществ. Причем он характеризуется тем, что сложная молекула распадается с одновременным присоединением к образующимся остаткам элемента воды ( $\text{H}^+$  или  $\text{OH}^-$ ). Например, при гидролизе хлористого аммония, диссоциирующего по уравнению



Наряду с ионами  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{Cl}^-$ , в растворе находятся также ионы  $\text{H}^+$  и  $\text{OH}^-$ , образующиеся вследствие диссоциации воды. При взаимодействии гидроксильных ионов с ионами  $\text{NH}_4^+$  образуются молекулы слабо диссоциируемого основания по уравнению:



При этом концентрация  $\text{OH}^-$  в растворе понижается и образуется избыток ионов  $\text{H}^+$ . При их взаимодействии с ионами  $\text{Cl}^-$  в растворе образуется соляная кислота.



В результате нейтральный в начале раствор становится кислым.

Аналогичный процесс происходит при растворении соли, образованной сильным основанием и слабой кислотой, например, сульфата натрия. Эта соль диссоциирует по уравнению



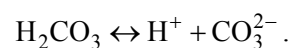
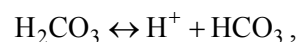
Ионы  $\text{S}^{2-}$ , взаимодействуя с ионами водорода, образуют слабо диссоциируемую молекулу  $\text{H}_2\text{S}$ :



Из раствора удаляются ионы водорода, вследствие чего образуется избыток ионов гидроксида, и ранее нейтральный раствор становится щелочным.

В результате гидролиза в растворе образуются свободные кислоты или основания, которые, взаимодействуя с цементным камнем и заполнителями, разрушают бетонные и железобетонные конструкции коллектора.

Как известно, угольная кислота может находиться в воде в виде газа  $\text{CO}_2$  и недиссоциированных молекул  $\text{H}_2\text{CO}_3$  или  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , и может быть полусвязанной в виде бикарбонатных ионов  $\text{HCO}_3^-$  и связанной в виде карбонатных ионов  $\text{CO}_3^{2-}$ . При этом она может диссоциировать в две ступени:

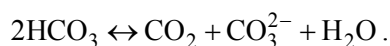


В водных растворах углекислых соединений устанавливается следующее равновесие:



То количество свободной кислоты  $\text{CO}_2$ , которое поддерживает концентрацию  $\text{HCO}_3^-$  в растворе, является равновесной углекислотой. Эта кислота не может растворять карбонаты  $\text{CO}_3^{2-}$ , содержащиеся в воде в виде взвеси или осадка, а при отсутствии их – карбонаты, содержащиеся в строительном материале канализационных сооружений.

Если из воды удалить углекислоту, то равновесие сдвигается влево, при этом часть ионов  $\text{HCO}_3^-$  распадается с выделением из них некоторого количества свободной кислоты  $\text{CO}_2$  и растворимых карбонатов  $\text{CO}_3^{2-}$  по уравнению



С увеличением концентрации свободной углекислоты равновесие сдвигается вправо, при этом некоторое количество нерастворимых карбонатов  $\text{CO}_3^{2-}$ , прореагировав с  $\text{CO}_2$ , образуют растворимые бикарбонаты  $\text{HCO}_3^-$ . Избыток свободной углекислоты над равновесной концентрацией делает ее агрессивной: она может растворять карбонаты и способна разрушать железобетонные коллекторы и канализационные сооружения.

В последние годы наиболее четко рассматриваются вопросы внутренней коррозии бетона. Во многих конструкциях через несколько лет после изготовления и эксплуатации появляются трещины и студнеобразные белые высолы [1]. Химический анализ показывает присутствие в них большого количества диоксида кремния и щелочных металлов натрия и калия.

Такие коррозионные процессы происходят внутри бетона с обязательным присутствием влаги. Процесс разрушения происходит в результате взаимодействия цементного камня и заполнителей. Наиболее распространена коррозия при взаимодействии кремнезема и некоторых горных пород, являющихся заполнителями в бетонах, со щелочами. К минералам, обладающим реакцион-

ной способностью к щелочам, относятся опал, халцедон, микрокристаллический кварц.

Из магматических пород известны гранодиориты с вкраплением кварца, выветрелые полевые шпаты, реолиты, дациты, андезиты, силикатные или базальтовые стекла, а также тридилит, кристобалит, обсидиан, вулканические туфы, ретаниты, гнем, слюды и другие кварцсодержащие минералы с деформированной решеткой микрокварца.

К потенциальным реагирующим заполнителям из осадочных пород относятся известняки, доломиты и другие, содержащие халцедон.

В качестве основного способа защиты от внутренней коррозии предлагается исключить применение цемента с повышенным содержанием щелочей более 0,6 % в расчете на  $\text{Na}_2\text{O}$  или 3 кг/м<sup>3</sup> бетона.

Исследование механизма коррозионного процесса показало, что это явление можно лишь схематически представить как образование на поверхности потенциально реагентоспособного заполнителя при взаимодействии щелочи с аморфным кремнеземом геля гидросиликата натрия, переходящего в гель гидросиликата кальция и способного увеличиваться в объеме во влажных условиях. При этом развивается внутреннее давление и возникает растягивающее напряжение, приводящие к нарушению монолитности бетона – его растрескиванию. Интенсивность внутренней коррозии зависит от вида кремнезема и его способности вступать в реакцию со щелочью.

Для выявления потенциальной опасности коррозионного процесса и возможности использования данного заполнителя должны проводиться систематические исследования по определению свойств заполнителей из различных горных пород, что позволит исключить непредвиденные повреждения железобетонных конструкций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кульский Л. А. Химия и технологии воды. – К.: Наук. дум., 1991.
2. Яковлев С. В. Канализация / С. В. Яковлев, Я. Н. Карелин, А. И. Жуков и др. – М.: Стройиздат. 1975. – 632 с.

Поступила в редколлегию 22.03.2005.