

УДК 628.14
ГРНТИ 67.53.19
ВАК 05.23.04

К ВОПРОСУ О ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЕ ВОДОПРОВОДНЫХ ТРУБ

Гиннэ Светлана Викторовна

к.п.н., доцент кафедры технологии

конструкционных материалов и технологии машиностроения

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий имени
академика М.Ф. Решетнёва

Россия, г. Красноярск

Аннотация: В статье на основе изучения теории и практики проблемы коррозионного разрушения водопроводных труб представлено описание перспективных научно-технических решений в области противокоррозионной защиты водопроводных труб. Статья посвящена систематизации сведений о современных способах борьбы с коррозионным разрушением водопроводных труб, выделяющей три основные группы методов защиты данных изделий от коррозии: методы противокоррозионного воздействия на металл водопроводных труб, способствующие повышению их коррозионной стойкости; методы противокоррозионного воздействия на рабочую среду водопроводных труб, предполагающие сокращение коррозионной активности воды; методы противокоррозионного воздействия на конструкцию водопроводных труб, направленные на снижение коррозионной активности окружающей среды. В основной части статьи автор останавливается на детальной характеристике наиболее эффективных техник и технологий каждой группы методов защиты водопроводных труб от коррозии.

Ключевые слова: коррозионное разрушение водопроводных труб, противокоррозионная защита водопроводных труб.

TO THE QUESTION ABOUT ANTICORROSIVE PROTECTION OF WATER PIPES

Ginne Svetlana V.

PhD, Associate Professor of technology of construction materials and technology of mechanical engineering branch of the Reshetnev Siberian State University of science and technologies
Russia, Krasnoyarsk

Abstract: The description of promising scientifically technical solutions in the field of anticorrosive protection of water pipes, which based on the study of theory and practice of the problem of corrosion destruction of water pipes, are presented in the article. The article is devoted to the systematization of data about modern methods of combating corrosion destruction of water pipes, allocating three main groups of methods for protecting these products from corrosion: methods of anticorrosive impact on the metal of water pipes, promoting to increasing their corrosion resistance; methods of anticorrosive impact on the working environment of water pipes, suggesting a reduction in the corrosive activity of water; methods of anticorrosive impact on the construction of water pipes, aimed at reducing the corrosion activity of the environment. In the main part of the article the author dwells on the detailed characteristic of the most effective techniques and technologies of each group of methods of protection of water pipes from corrosion.

Keywords: corrosive destruction of water pipes, anticorrosive protection of water pipes

Известно, что коррозия водопроводных труб наносит не только большой экономический ущерб вследствие уменьшения срока их эксплуатации из-за преждевременного разрушения, но и, как отмечают эксперты, «вызывает так называемое «вторичное» загрязнение транспортируемой воды, что делает бессмысленным предварительную водоподготовку, так как в любом случае нет возможности обеспечить потребителей доброкачественной питьевой водой» [1]. В этой связи можно говорить об актуальности проблемы поиска и внедрения в практику эффективных методов защиты водопроводных труб от коррозии. Целью настоящей статьи является выявление и описание перспективных научно-технических решений в области противокоррозионной защиты водопроводных труб на основе изучения теоретических и практических аспектов применения различных техник и технологий защиты водопроводных труб от коррозии.

Анализ научно-исследовательской литературы, представленный в предыдущих работах автора, позволил разработать обобщённую классификацию методов, препятствующих возникновению и развитию коррозионного разрушения водопроводных труб. Согласно данной системе классификации, все существующие методы защиты водопроводных труб от коррозии можно условно разделить на три группы: 1) методы противокоррозионного воздействия на металл (или антикоррозионной обработки) водопроводных труб, способствующие повышению коррозионной стойкости водопроводных труб; 2) методы противокоррозионного воздействия на рабочую среду водопроводных труб, предполагающие сокращение коррозионной активности воды или «уменьшение абсолютной коррозионности воды» (термин по Б.Л. Рейзину [2]); 3) методы противокоррозионного воздействия на конструкцию водопроводных труб, направленные на снижение коррозионной активности окружающей среды (внешних природных условий) [3]. Далее, в соответствии с логикой теоретического анализа считаем необходимым перейти к выявлению и детальной характеристике техник и технологий, показавших максимальную эффективность в борьбе с коррозией водопроводных труб.

Первая группа методов защиты водопроводных труб от коррозии включает в себя большое разнообразие способов и средств. Результаты изучения научных источников информации, а также опроса практикующих специалистов позволили определить ингибиторную защиту, электрохимическую защиту, нанесение защитных покрытий, коррозионно-стойкое легирование и термообработку, как наиболее широко используемые и прогрессивные методы противокоррозионного воздействия на металл водопроводных труб.

Ингибиторная защита (термин по Б.К. Саяхову [4]) представляет собой применение ингибиторов (от лат. *inhibere* – сдерживать, останавливать [5]) и специальных смазок, как в процессе эксплуатации, так и при хранении водопроводных труб. В качестве основных достоинств использования обозначенных противокоррозионных средств учёными выделяются их возобновляемость и лёгкое удаление с поверхности труб. Однако, водопроводные трубы, находящиеся в процессе эксплуатации, покрыты слоём отложений, которые, как показывает практика, делают применение ингибиторной защиты малоэффективным, так как при использовании ингибиторов и смазок на поверхности водопроводных труб формируется защитная плёнка, предотвращающая протекание коррозии. В ходе исследований было выявлено, что оптимальное торможение коррозионного разрушения водопроводных труб достигается тогда, когда защитная плёнка на поверхности трубы образуется быстро и оказывается прочно сцеплённой с ней. Другими словами, эффективность применения ингибиторной защиты напрямую зависит от того, насколько быстро образовалась защитная плёнка и, как прочно она сцеплена с поверхностью водопроводных труб.

Эмпирическим путём определено, что большое влияние на прочность сцепления защитной плёнки оказывает состояние металлической поверхности водопроводных труб:

наличие на ней значительного количества продуктов коррозии металла снижает прочность сцепления защитной плёнки. Установлено, что предварительная очистка поверхности водопроводных труб приводит к более эффективному ингибированию: без неё требуются более высокие дозы ингибиторов и степень защиты оказывается ниже. В связи с этим, можно утверждать, что очистка внутренних поверхностей водопроводных труб от продуктов коррозии металла (коррозионных отложений) является неотъемлемым элементом ингибиторной защиты, поскольку придаёт поверхности металла в зоне контакта с водой устойчивые антикоррозионные свойства.

Электрохимическая защита, по мнению многих специалистов, представляет большой практический интерес в связи с высокой эффективностью. Суть данного метода защиты заключается в анодной или катодной поляризации водопроводных труб при помощи катодных установок, дренажных установок, а также протекторной защите. Широкое применение электрохимической защиты доказало, что водопроводные трубы, обработанные по этому методу, можно эксплуатировать в самых разных коррозионных средах: морской воде, почве и в любом электропроводном веществе.

Защитные (изоляционные) покрытия, как утверждает большинство исследователей, являются наиболее ответственным элементом всей системы противокоррозионного воздействия на металл водопроводных труб и поэтому должны обеспечивать их защиту от коррозии в течение всего срока эксплуатации. Обращаясь к проблеме применения защитных (изоляционных) покрытий, Б.Л. Рейзин, И.В. Стрижевский и Ф.А. Шевелев отмечают, что с технико-экономической точки зрения во многих случаях более обоснованно использовать данные средства противокоррозионного воздействия на металл водопроводных труб в комплексе с электрохимической защитой [2]. В настоящее время защитные (изоляционные) покрытия водопроводных труб представлены большим разнообразием применяемых материалов: металлических, органических и неорганических.

Чаще всего металлическое покрытие представляет собой слой металла на поверхности водопроводной трубы, получаемый с помощью гальванического или термодиффузионного способов, а также путём погружения в расплавленный металл («горячий метод»), плакирования (нанесение на поверхность металлических листов, плит, проволоки, труб тонкого слоя металла или сплава термомеханическим способом [6]) или металлизации напылением. Среди перечисленных методов старейшим и наиболее простым является «горячий метод», но его применение ограничено таким существенным недостатком, как неравномерность покрытия. Учёные считают, что наиболее прогрессивный метод получения металлических покрытий – гальванический, так как он имеет высокую экономичность, возможность получения различных механических свойств, хорошее сцепление с поверхностью.

Практикующие эксперты описывают два вида защитных (изоляционных) покрытий на основе органических веществ: 1) тонкие (толщиной до 500 мкм), как правило, изготавливаемые посредством применения лаков, красок, эмали, пластмасс, полимерных плёнок, эпоксидных смол, порошков; 2) толстые (толщиной от 500 мкм до (9 ... 10) мм), преимущественно производимые из битумных или каменноугольных мастик, а также из полимерных (пластмассовых) материалов, главным образом на основе полиэтилена, полихлорвинила, эпоксидной смолы и других полимеров.

Следует отметить, что неорганические покрытия в большинстве случаев получают оксидированием и фосфатированием. При этом оксидирование, как отмечают исследователи, является простым и надёжным методом противокоррозионного воздействия на металл водопроводных труб и его рекомендуется использовать для защиты от атмосферной коррозии. Фосфатирование заключается в обработке труб в горячем растворе фосфорнокислых солей металлов марганца, железа и цинка. По мнению М.А. Шлугера, Ф.Ф. Ажогина и М.А. Ефимова, данное покрытие не обладает высоким антикоррозионным эффектом и его лучше применять в сочетании с лаками и красками, так

как оно является хорошим грунтом для их нанесения [7].

Коррозионное легирование и термообработку специалисты советуют осуществлять, когда металл водопроводных труб не позволяет использовать другие способы защиты от коррозии. Коррозионное легирование представляет собой введение в состав сплава легирующих компонентов, повышающих его коррозионную стойкость, а термообработка заключается в температурном воздействии на металл водопроводных труб с целью предотвращения появления карбидов хрома на границах зёрен нержавеющей стали аустенитного класса. Результаты опытов показали, что термообработка способствует гомогенизации (уменьшению неоднородности [8]) структуры металла, устранению внутренних напряжений и другим положительным эффектам.

Переходя к описанию второй группы методов защиты водопроводных труб от коррозии, считаем необходимым подчеркнуть, что способы и средства противокоррозионного воздействия на рабочую среду водопроводных труб защищают водопроводные трубы от внутренней коррозии, т.е. представленные ниже методы предупреждают и замедляют коррозионное разрушение внутренней поверхности стенок водопроводных труб. Тщательное исследование источников научной информации, позволяет нам утверждать, что среди методов данной группы наибольшей продуктивностью в сокращении коррозионной активности воды обладают стабилизационная (противокоррозионная) обработка воды, метод фильтрования, термодинамическая активация воды, опреснение воды и химическая подготовка воды.

Как показал анализ научно-технической литературы, стабилизационная (противокоррозионная) обработка воды является наиболее распространённым методом воздействия на коррозионную активность вод преимущественно гидрокарбонатного класса. Суть данного метода заключается в повышении рН воды до равновесного состояния путём подщелачивания (введением в состав воды ингибиторов), так как при низком значении рН, вызываемом избыточным содержанием агрессивных углекислот, кислорода и хлоридов, наблюдается интенсивная электрохимическая коррозия. При этом, на выбор типа и дозировки ингибиторов должны влиять не только экономические, но и также санитарно-гигиенические факторы. Так, с точки зрения Б.Л. Рейзина, И.В. Стрижевского и Ф.А. Шевелева, ингибитор, который применяют для постоянной обработки питьевой воды, не должен быть токсичным и обладать кумулятивными свойствами, т.е. не должен оказывать неблагоприятного действия на организм человека в условиях длительного использования [2].

В ходе обзора нормативно-технической документации нами было выявлено, что при стабилизационной (противокоррозионной) обработке воды путём подщелачивания в качестве ингибиторов (реагентов) обычно используют соду, известь, фосфаты и силикат натрия. Последний обладает наибольшим числом достоинств, среди которых Б.Л. Рейзин, И.В. Стрижевский и Ф.А. Шевелев самыми важными выделяют надёжность защиты, лёгкость применения, нетоксичность, сохранение естественного цвета, запаха и вкуса воды, отсутствие проблемы удаления, экономичность и недефицитность [2].

В своей работе А.И. Егоров и П.Ф. Ипатов указывают, что другим действенным способом стабилизационной обработки воды является обогащение ионами кальция и гидрокарбонат воды, которое может быть обеспечено путём предварительного известкования речной воды или последующего фильтрования осветлённой воды через мраморную крошку с присадкой углекислоты [9]. При этом необходимо подчеркнуть, что метод фильтрования целесообразно использовать для снижения коррозионной активности вод сульфатно-хлоридного класса, так как в этом случае, считают специалисты, применение стабилизационной обработки воды путём подщелачивания оказывается недостаточным.

В качестве ещё одного высокопроизводительного способа противокоррозионного воздействия на рабочую среду водопроводных труб В.Н. Жилин и Д.Н. Ильин называют

термодинамическую активацию воды. Обозначенный метод предполагает применение композиционного состава СОТ-2000, создающего условия для возникновения катодной поляризации металла, которая имеет ингибирующий (сдерживающий, останавливающий) эффект, т.е. резко замедляет, а в ряде случаев полностью прекращает процесс коррозии металла, а также образование минеральных отложений [1]. Катодная поляризация представляет собой изменение электродного потенциала в положительном (отрицательном) направлениях благодаря течению электрического тока [10]. В процессе исследований было доказано, что в результате применения данного состава достигается полное удаление коррозионных отложений с внутренних частей труб, очищаемые поверхности приобретают устойчивые антиадгезионные и антикоррозионные свойства, увеличивается их срок службы (1,5 ... 2) раза, а также улучшается качество воды благодаря уменьшению содержания продуктов вторичного загрязнения – железа и других примесей [1].

Опреснение воды, также являющимся продуктивным способом противокоррозионного воздействия на рабочую среду водопроводных труб, специалистами рекомендуется выполнять при помощи электродиализного метода, установки фильтров или внедрения опреснительных установок. Электродиализ заключается в разделении веществ, основанном на электролитической диссоциации и переносе образовавшихся ионов через мембрану под действием разности потенциалов, создаваемой в растворе по обе стороны мембраны [11].

При изучении специальной литературы по исследуемой проблеме нами было выявлено, что среди способов химической подготовки воды наибольшее распространение получили: деионизация (процесс исчезновения положительных и/или отрицательных ионов [12]), обескислороживание и введение ингибиторов. Главным достоинством перечисленных методов, по мнению экспертов, выступает их экономическая целесообразность, так как данные методы не являются дорогостоящими и позволяют добиться желаемого эффекта без существенных затрат и мер воздействия. К недостаткам этих методов исследователи относят то, что зачастую их применения не хватает для полного прекращения коррозионного разрушения, и лишь некоторые из них являются относительно универсальными.

Обращаясь к характеристике третьей группы методов защиты водопроводных труб от коррозии, полагаем нужным отметить, что указанные ниже техники и технологии направлены на предотвращение и уменьшение внешней (наружной) коррозии водопроводных труб. Иными словами, методы противокоррозионного воздействия на конструкцию водопроводных труб обращены на предупреждение и торможение коррозионного разрушения наружных поверхностей водопроводных труб под воздействием внешних природных условий: биологической активности почвы, блуждающих токов и других факторов. Согласно точки зрения большинства учёных, применение методов данной группы обусловлено тем, что основными факторами воздействия на водопроводные трубы внешних природных условий являются: биокоррозия, почвенная (подземная) коррозия и коррозия блуждающими токами.

Для борьбы с биокоррозией, как считают некоторые исследователи, необходимо ещё на этапе прокладки водопроводных труб определить биологическую активность почвы (при этом следует использовать специальный критерий биологической активности – окислительно-восстановительный потенциал почвы), так как характер защитных мер для водопроводных труб диктуется условиями биологической активности этой среды. Например, там, где установлена возможная активная деятельность бактерий, Б.Л. Рейзин, И.В. Стрижевский и Ф.А. Шевелев предлагают: 1) избегать анаэробных (анаэробный – существующий или протекающий в отсутствие кислорода (организм, процесс и т. д.) [13]) условий при прокладке труб; 2) доводить рН среды до равновесного уровня; 3) употреблять защитные покрытия; 4) применять метод катодной поляризации [2].

Борьбу с почвенной (подземной) коррозией, согласно мнению практикующих

специалистов, необходимо проводить путём рационального выбора мест прокладки водопроводных труб с учётом коррозионной активности почвы, а также посредством использования пассивных и активных способов защиты водопроводных труб от коррозии. Так, с помощью пассивных способов защиты (создание коллекторов, каналов, нанесение изоляционных покрытий и т.д.) создаётся барьер, отделяющий защищаемую поверхность металла от грунта. В свою очередь, активными способами защиты (чаще всего осуществляют электрохимическую защиту) формируют такие условия на защищаемой поверхности металла, при которых подавляется или значительно замедляется процесс коррозионного разрушения водопроводных труб.

В научных трудах, посвящённых проблеме коррозии блуждающими токами, отмечается, что блуждающие токи значительно ускоряют течение электрохимической коррозии водопроводных труб. В ходе экспериментов было выяснено, что основным источником блуждающих токов в городских условиях является рельсовый транспорт, пути которого должным образом не изолированы от почвы (грунта). При этом экспертами подчёркивается, что для устранения данной проблемы целесообразно проводить целый комплекс профилактических мероприятий, применение которых на источниках блуждающих токов ограничивает величину токов утечки. Среди таких технико-экономически обоснованных мероприятий наилучшую результативность показали: 1) выбор числа и местоположения отсасывающих пунктов на трамвайной рельсовой сети; 2) выбор сечений отсасывающих линий и параметров дополнительных сопротивлений, которые должны обеспечить среднесуточную разность потенциалов между отсасывающими пунктами; 3) обеспечение максимальной проводимости рельсовых цепей; 4) увеличение переходного сопротивления между рельсами и почвой (грунтом).

Подводя итоги выше сказанному, считаем необходимым отметить, что для повышения эффективности противокоррозионного воздействия на конструкцию водопроводных труб описанные ранее методы рекомендуется сочетать с осушением атмосферы специальными адсорбентами в замкнутом пространстве, использованием летучих ингибиторов и инертных газов, а также применением при нагреве металла водопроводных труб особых инертных или защитных атмосфер.

Теоретический анализ, представленный в статье позволил, нам сформулировать некоторые общие и частные выводы. Во-первых, поскольку на появление и протекание коррозии водопроводных труб оказывает влияние множество факторов, поэтому при выборе наиболее эффективных техник и технологий противокоррозионной защиты водопроводных труб необходимо учитывать особенности не только самого металла труб, а также условия их хранения и эксплуатации. Во-вторых, не смотря на то, что в настоящее время имеется большое количество методов и средств борьбы с коррозией водопроводных труб, однако, их широкое применение ограничивает следующий ряд причин:

- не существует одновременно универсального и простого метода, с помощью которого возможно не только защитить водопроводные трубы от коррозии с высокой степенью эффективности, но и полностью всю их поверхность;
- ряд применяемых методов не обладают достаточной безопасностью для окружающей среды, здоровья людей и систем водотеплоснабжения;
- отсутствуют методы, обладающие стабильным и продолжительным феноменом последствия;
- при использовании многих методов требуется долговременный простой систем водотеплоснабжения, что крайне нежелательно.

Список литературы:

1. Жилин В.Н., Ильин Д.Н. Защита систем водотеплоснабжения от коррозии и отложений без водоподготовки // Вода и экология: проблемы и решения. – 2009. – № 3. – С. 36–43.
2. Рейзин Б.Л., Стрижевский И.В., Шевелев Ф.А. Коррозия и защита коммунальных трубопроводов. – М. : Стройиздат, 1979. – 398 с.
3. Гиннэ С.В., Казанцев Р.В. О методах защиты водопроводных труб от коррозии // Развитие современной науки: тенденции, проблемы, перспективы (Development of modern science: trends, problems, prospects) : Материалы Международной научно-практической конференции, 21 апреля 2018 года. – София : Издателска Къща «СОРОС», 2018. – С. 63–69.
4. Саяхов Б.К. Технологические основы антикоррозионной обработки трубопроводов сельскохозяйственного водоснабжения и очистки воды при транспортировке: автореф. дис. канд. тех. наук : 06.01.02. – Республика Казахстан, Тараз, 1999. – 22 с.
5. Крысин Л.П. Толковый словарь иностранных слов. – М. : Русский язык, 1998. – 1308 с.
6. Лякишев Н.П. Энциклопедический словарь по металлургии [в 2 т.] / гл. ред Н.П. Лякишев. – М. : Интернет Инжиниринг, 2000. – 408 с.
7. Шлугер М.А., Ажогин Ф.Ф., Ефимов М.А. Коррозия и защита металлов. – М., 1981. – 216 с.
8. Егорова Т.В. Словарь иностранных слов современного русского языка. 100 000 слов и выражений / сост. Т.В. Егорова. – М. : Аделант, 2014. – 800 с.
9. Егоров А.И., Ипатов П.Ф. Предотвращение коррозии стальных водоводов // Водоснабжение и санитарная техника. – 1982. – № 8. – С. 5–6.
10. Солнцев Ю.П. Металлы и сплавы. Справочник / Под редакцией Ю.П. Солнцева. – СПб. : НПО «Профессионал», НПО «Мир и Семья», 2003. – 1066 с.
11. Михайлов К.В., Крылов Б.А., Подвальный А.М. Терминологический словарь по бетону и железобетону. – М. : ФГУП «НИЦ «Строительство» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2007. – 110 с.
12. Физическая энциклопедия : справочное издание в 5 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1988 – 1998. – 704 + 704 + 672 + 704 + 760 с.
13. Акжигитов Г.Н., Мазур И.И., Маттис Г.Я. Англо-русский экологический словарь. – М. : Русский язык, 2001. – 608 с.