

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

1. Введение

Физическая обработка воды использовалась и обсуждалась в течение минимум двух десятилетий. За это время была доказана её эффективность, но, с другой стороны она всё ещё подвергается сомнению и отрицается. Почему это происходит? Если мы проследим за дискуссиями, мы сможем найти различные причины, однако мы не будем обсуждать их здесь. Скорее кажется необходимым исследовать физические основы, которые могут объяснить способ действия этих процессов и освоить физическую обработку воды от упрёка в мошенничестве. Далее представлена попытка ответить на эти вопросы.

Кроме моего собственного положительного опыта, который демонстрирует установка прибора на моих собственных трубах, существует ряд данных, поступающих из известных учреждений, например, из Физиологического института Людвиг-Максимилиана, университета Мюнхена, подтверждающих то же самое. В этом учреждении, прежде чем этого стало возможно избежать после установки устройства физической обработки воды, требовалась замена труб для транспортировки хладагента лазера. Гостиницы и компании-дилеры, а также ряд бесед с частными пользователями подтверждают этот же положительный результат. Хотя также встречаются жалобы на отсутствие эффективности. Поскольку в большинстве случаев частные пользователи не знают производителя устройства (в большинстве случаев было сказано, что продукт был куплен на распродаже в супермаркете), мы можем лишь сделать вывод, что есть некоторые устройства, которые не создают нужных физических условий. Но мы не можем сделать заключение, что принцип физической обработки воды сам по себе бесполезен и не работает.

К сожалению, это впечатление также подаётся в серьёзных публикациях, в большинстве случаев без предоставления научных доказательств или любых других доказательств, ориентированных на практическое действие и отдающих ему должное.

Перед тем, как объяснить доказательства

правдоподобия воздействия физической обработки воды, давайте сначала разясним, почему водопроводные трубы покрываются известью. И почему мы видим известь как цель для физической обработки воды.

2. Известь

Химически говоря, известь – это карбонат кальция (CaCO_3). Это вещество не растворимо в воде. Отсюда вопрос: как же тогда известь, покрывающая трубы, может раствориться в воде? Ответ: когда вода, содержащая углекислый газ, проходит через меловые отложения, известь высвобождается и присутствует в воде в виде гидрокарбоната кальция ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$). Это возможно, поскольку углекислый газ образует вместе с водой угольную кислоту H_2CO_3 . А, как многие знают из ежедневной домашней жизни, отложения извести легко удаляются с помощью кислот (например, уксусной или яблочной). Подобные вопросы-ответы по мелочам подчеркивают разницу между растворённой и нерастворённой известью, и это именно то, где лежит отсутствие аргументации в пользу действия приборов физической обработки воды. Вслед за этим поднимается следующий вопрос: почему тогда известь выпадает в осадок? Растворённое количество гидрокарбоната кальция в питьевой воде никогда не достигает предела насыщенности; но если этот предел по каким-то причинам превышен, то тогда уже карбонат кальция выпадает в осадок в виде кристаллов.

Если мы посмотрим на участки труб, где откладывается известь, то получим ответ – почему же известь выпадает в осадок из своего растворённого состояния. Итак, первичные пятна отложений извести видны:

1. на изгибах труб,
2. на разветвлениях,
3. на точках водопотребления (кранах, душевых насадках)
4. и особенно в местах, где течёт горячая вода.

В последнем из упомянутых случаев нужно различать: ёмкости для горячей воды, в общем-то, свободны от отложений, а нагревающие панели, нагревающие спирали и теплообменники (поверхности, передающие тепло воде) всегда покрыты коркой извести.

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

Почему именно пятна? Ответ довольно легок: в некоторых местах присутствует градиент энергии, который приводит к искажению гидратных оболочек (см. ниже) вокруг растворённых ионов так, что те могут реагировать друг с другом. В то же самое время должен быть нарушен так называемый баланс «известь-углекислота», и это означает, что должна наблюдаться локальная нехватка углекислого газа CO₂. Тогда некоторые ионы ищут точки кристаллизации (центры кристаллизации), где начинается собственно кристаллизация. Пятна извести всегда располагаются на стенках труб – которые представляют собой твёрдую основу, на которой могут расти кристаллы. Далее ионы прибывают всё больше и больше, отложения извести растут, и образуется корка, так же известная как накипь. Накипь образована рядом ионов, и состоит из карбоната кальция, смешанного с магнием; в состав входят гипс, силикаты, железо (поэтому цвет накипи часто жёлто-коричневый). Эти отложения осадка ускоряют коррозию и ухудшают передачу высокой температуры от нагревательных панелей и теплообменников.

Как такое возможно, что существуют местные, локальные различия, градиенты энергии в воде? В случае нагревательных панелей это легко, так как в этих местах воде передаётся высокая температура. В трубе же, на сгибе, вода ускоряется, и энергия для этого процесса поступает из внутренней энергии воды, изменения температуры и давления, и приводит к тем же последствиям, что и высокая температура.

Если мы посмотрим на трубы, которые использовались многие годы, мы можем видеть, что корка всегда начинает образовываться в местах сгиба или на ответвлениях, и оттуда переходит на прямые участки труб. Когда труба засоряется, то оказывается, что обычно затронуты именно эти области, в то время как преобладающая часть системы труб всё ещё в рабочем состоянии и способна пропускать через себя воду.

Что случается во время кристаллизации с точки зрения химии? Это объясняет следующая формула:

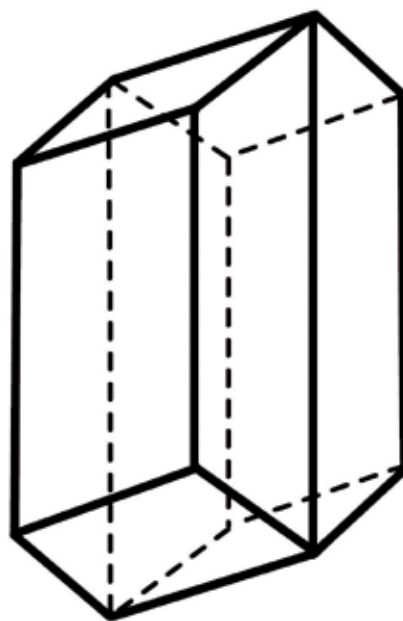
Уравнение (1), превращение растворённого гидрокарбоната кальция в нерастворимый карбонат кальция и углекислый газ, и, наоборот,

растворение извести:



В первую очередь следует заметить, что описанная реакция образования извести может также происходить наоборот. То есть, известь может растворяться. Какая из этих двух реакций имеет место, зависит от баланса «известь-углекислота». Если присутствует избыток CO₂, известь растворяется. В противном случае известь образуется. Эти процессы так же зависят от изменений давления и температуры, и от физических параметров в общем.

В этом месте уместно сказать кое-что о кристаллах извести. Известно, что большинство твёрдых тел имеют кристаллическую решётку. Кристаллы делятся на 7 кристаллических систем и 32 кристаллических класса, отличающихся по



строению кристаллической решётки.

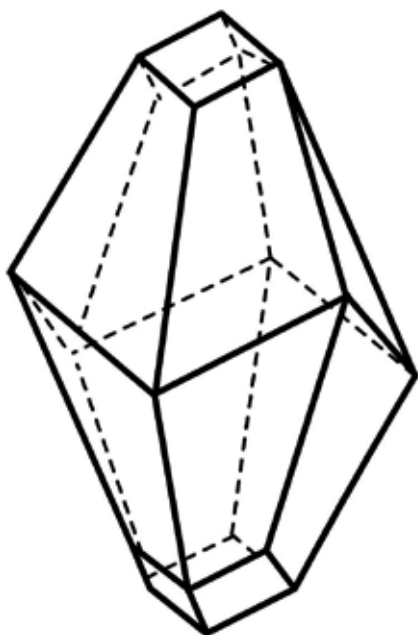
Рис. 1. Ромбическая кристаллическая система (ячейка кристаллической решётки арагонита).

Известь может кристаллизироваться в форме двух различных структур, которые химически полностью идентичны. Решетки этих структур различны, но связаны. Так, может образовываться кристаллическая решётка типа арагонита (рис.1) и решётка типа кальцита (рис. 2). Когда химическое строение вещества

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

аналогично, то кристаллическая решётка зависит от термодинамических условий (давление, температура), в которых происходила модификация. Как показывают рисунки, одна ось кристаллической ячейки более длинная, чем другие. Это значит, что кристалл растёт в этом направлении быстрее, чем в других. Скорость роста является анизотропной, то есть, зависит



от выбранного направления.

Рис. 2. Тригональная кристаллическая система (ячейка кристаллической решётки кальцита).

Это означает, что кристаллы, которые растут непо потревоженными, развиваются в иглообразную форму (см. рис. 11). Если бы рост происходил одновременно равномерно по всем осям, то образовался бы шаровидный кристалл (см. рис. 9).

Кристаллическая решётка типа кальцита также характерна для карбоната магния и карбоната железа ($MgCO_3$ и $FeCO_3$), и именно поэтому эти вещества также встроены в образования накипи. Кроме того, ангидрит (сухой гипс) или гипс ($[CaSO_4 \times 2H_2O]$) также соответствуют решётке типа кальцит. В подобного типа решётку кристаллизуются сульфаты, фосфаты, силикаты кальция и магния. Это поддерживает их объединение в

отложения. Также для них (фосфатов и т.д.) существуют центры кристаллизации, служащие отправной точкой для выделения примесей в воде и не откладывающиеся на стенках труб или нагревательных панелях, особенно в горячей воде – в которой эти водные примеси растворяются первыми.

Итак, что делают устройства физической обработки воды (например, умягчитель Calmat), когда демонстрируют обещанные эффекты?

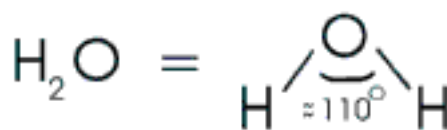
Они не преобразовывают известь. Что имеется в виду? Что устройства просто приводят к тому, что гидрокарбонат кальция $Ca(HCO_3)_2$ переходит в карбонат кальция $CaCO_3$, электрически и химически нейтральный в воде. И это сопровождается тем, что кристалл не кристаллизуется на всех существующих твёрдых телах, а образуется в текущей воде. Такой кристалл образуется в соответствии с законами природы с типичными параметрами, истинными для каждого вещества и приобретает свою иглообразную форму также в соответствии с законами природы.

В результате эти кристаллы не приобретают специальных свойств, но получают особую форму, форму палочки, которая не даёт прикрепляться друг к другу, и поэтому предотвращается кальцификация. Это явление обеспечивает эффективность физической обработки воды.

В продолжение - третья часть статьи: «Вода и физическая обработка воды».

3. Вода

Для понимания последующих процессов давайте получим некоторую информацию о воде. Этот путь скажет больше, чем просто озвученная формула „ H_2O “. Два атома водорода и атом кислорода образуют почти равносторонний треугольник с углом у атома кислорода примерно 110° , как показано на рис. 3.



ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

Рис. 3. Строение угла молекулы воды.

Это строение – причина для большого количества свойств, отличающих воду от других подобных молекул. Так, два газа реагируют друг с другом и образуют жидкость, а не газ, тогда как углекислый газ CO₂ (твёрдое вещество и газ) – более тяжёлая молекула. Это происходит потому, что этот угол молекулы воды позволяет образовывать молекулам воды в жидком состоянии цепи и группы (кластеры).

Такой угол – возможная причина, почему вода может иметь „память“, в которой участвуют структуры из цепей и кластеров, не изменяющихся даже тогда, когда вода движется. Эти цепи и кластеры удерживаются вместе с помощью Ван дер Ваальсовых сил или дисперсионных сил водородных связей. Эти связи базируются на притяжении электрических диполей, присутствующих в молекулах с полярными связями или угловым строением.

В университете Штутгарта проводятся научные исследования по отношению к этой проблеме, и первые результаты показывают, что поведение воды зависит от электрических и магнитных полей. Такой феномен был известен в течение долгого времени, но никогда не исследовался с научной точки зрения.

Такая треугольная форма молекулы приводит к дальнейшим особым свойствам воды. Так, вода проявляет дипольный характер. Через химическую связь оба атома (кислород и водород) борются за конфигурацию электронных ячеек инертного газа (как наиболее стабильную): в этом случае водород имеет два электрона, а кислород восемь. По отдельности кислороду не хватает двух электронов, атомам водорода – по одному. В молекуле общие связанные электроны доступны для всех трёх атомов, так что стабильную конфигурацию инертного газа достигает каждый компонент молекулы.

Во всех полярных связях разнообразных атомов связь поляризована, то есть, связанная пара электронов смещается в сторону того партнёра связи, который имеет большее сродство к электрону, в нашем случае к атому кислорода. Если молекула воды помещается

в электрическое поле, она выстраивается в линию так, чтобы кислород был направлен в сторону положительно заряженной стороны, а атомы водорода направлены в отрицательно заряженную сторону. Так молекула воды заряжена немного более отрицательно на стороне кислорода и немного более положительно на стороне атомов водорода.

Этот факт, совместная молекулярная форма, играет важную роль и для способности воды растворять, и для физической обработки воды (в частности, с помощью умягчителя Calmat). В этом месте кратко упомянем другие аномалии воды: когда вода переходит к твёрдому состоянию, её плотность уменьшается. Если лёд подвергается давлению, он сжижается снова. Обычно жидкости под давлением становятся твёрдыми, кристаллическими образованиями. Одни лишь эти признаки говорят о том, что, вероятно, о воде может быть известно намного больше, чем обнаружили современные исследования до сих пор. Мы не должны опрометчиво обвинять воду, если мы не изучаем её.

Продолжение статьи в четвёртом разделе: «Физика и химия – что происходит с их точек зрения во время физической обработки воды?»

4. Физика и химия

Что случается физически и химически когда используется устройство физической обработки воды? Существует много различных принципов физического воздействия, от магнитного воздействия в трубах воды до инъекции зародышей кристаллов в воду, к которым крепятся частицы извести. В дальнейшем будет исследован только один принцип, который часто предлагается и часто обсуждается в спорах.

Процессы описаны на основе устройства физической обработки воды, проявление эффекта которого часто подвергается сомнению. Испытание, описанное здесь, основано на работе и образе действия этого устройства. Это чёрный ящик, от которого два кабеля выходят и навиваются вокруг трубы. Эти кабели передают колебания воде, которые, как предполагается, «преобразовывают» растворённую известь и делают её безопасной.

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke



Рис. 4. Устройство физической обработки воды, умягчитель Calmat.

Такая общая формулировка была выбрана преднамеренно, потому что это, по существу, соответствует описанию работы предлагаемых устройств, и потому что это подвергает сомнению добрую славу и серьёзность. Какие колебания передаются? Описания некоторых приборов физической обработки воды даже не говорят про превращение кальция, производители, кажется, происходят из времён алхимии. Некоторые говорят, что материал труб не имеет значение, и что устройство может даже удалить существующую корку накипи. Как колебания могут привести ко всему этому? Серьёзно, все, кто думает, что немного разбирается в физике и химии, уже находят достаточно научные очевидные аргументы, чтобы подвергнуть сомнению функционирование прибора физической обработки воды.

Что делает устройство физической обработки воды, чтобы действительно защитить от отложений извести на трубах? В этом месте появляется первый вопрос: «Что должно быть сделано, чтобы выполнить это требование: защитить от отложений извести?» Ответ прост: устройство должно создавать условия, при которых гидрокарбонат кальция вымывается с водой в виде кристаллов и не крепится к стенкам труб, как обычные кристаллы карбоната кальция.

Далее, должны быть исследованы физические и электрические возможности эффективности системы физической обработки воды. Это просто означает, что устройство должно вызывать такой эффект, что растворённая известь не крепится в кристаллической форме к стенкам или точкам соединения труб, устройств или

фитингов при контакте с ними. Это возможно только тогда, когда растворённая известь уже кристаллизовалась в воде перед контактом с этими областями. Поэтому два условия должны быть выполнены в воде:

1. Должны присутствовать или быть созданы центры кристаллизации.
2. Баланс „известь-углекислота“ должен быть изменён так, что растворённая известь выпадает в осадок.

Опыт показывает, что такой эффект может производить введение магнитного или электрического полей в воду, даже если и с различным успехом. Далее исследованы эффекты только электрических полей, но на основе этих эффектов могут быть выведены такие условия, при которых эффективны и магнитные поля.

Если мы посмотрим на рис. 4, то можем видеть две навивки, через которые передаются импульсы. Некоторые производители называют эти навивки «катушками», потому что они выглядят похожими на катушки, но электрически говоря, это не они. Так, индуктивное сопряжение в данном случае невозможно, и если бы имела место индуктивность, то устройство не работало бы в случае с железными трубами, однако этого не происходит. Навивки представляют часть ёмкости конденсатора, это одна обкладка конденсатора; другая часть, вторая обкладка – вода*. Эти навивки – технологический компромисс: металлическая фольга, расположенная вокруг трубы на определённой длине имела бы большую ёмкость, однако имела бы место необходимость настройки для каждого конкретного диаметра трубы. Вместо этого продаются обычные кабели громкоговорителя, которые приспособляются к различным диаметрам труб без каких-либо проблем.

* Диэлектрик в данном случае – изоляция провода и материал пластиковой трубы.



ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

Рис. 5. Распределение заряда между обкладками конденсатора.

Как может электрическое поле с таким оформлением быть причиной того, что вода получает воздействие, проходя через трубу любого материала? В этом месте начинается большинство сомнений. В действительности при этом оформлении проявляется физический эффект, широко распространённый в электрической части нашей жизни, но не очень хорошо изученный – возникновение наведённого заряда вследствие электростатической индукции. На рис. 5 показан принцип процесса физической обработки воды на основе работы конденсатора. Когда напряжение подаётся на две обкладки конденсатора, вызывается распределение заряда на диэлектрике, противоположный заряд на сторонах, противоположных обкладкам. Когда обкладки разряжаются, поляризация изолятора также исчезает, так как электроны в изоляторе не могут перемещаться; перемещаются только электроны обкладок. Но, например, с другой стороны, если два металлических листа, положенные друг на друга (электрический проводник), помещены в электрическое поле между обкладками конденсатора, происходит следующее распределение наведённого заряда: поверхность одного металлического листа приобретает негативный заряд (напротив положительной обкладки конденсатора), а другой лист получает эквивалентный противоположный заряд. Это явление называют электростатической индукцией. Если две пластины в электрическом поле разделить, одна из пластин будет показывать негативный заряд (избыток электронов), а другая – положительный заряд (недостаток электронов).

Конденсатор непроницаем для постоянного напряжения, но не для переменного напряжения. Этот факт используется, когда дело доходит до практического введения электрических переменных полей в трубах. Рис. 6 является мгновенной фотографией этого процесса. Вы можете видеть, что материал трубы не имеет никакого влияния на эффект конденсатора в описанном оформлении*.

* Металлическая труба дублирует заряд воды и не вносит никаких возмущений; пластиковая труба ведёт себя как изолятор и также никак не влияет на процесс.

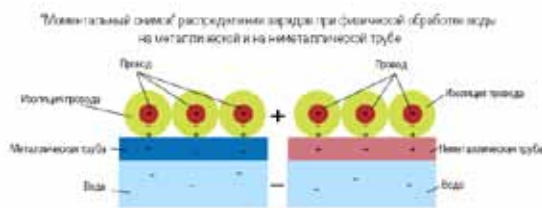
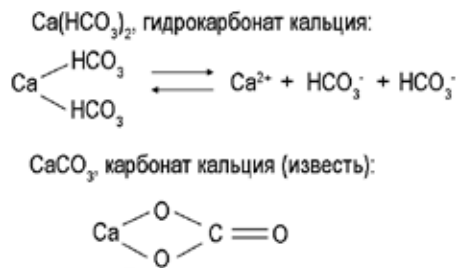


Рис. 6. „Моментальный снимок“ распределения зарядов при физической обработке воды на металлической и неметаллической трубе.

Если провод навивки заряжен от полюса источника энергии, в трубе с водой через наведённый заряд проявляется электрический заряд противоположного знака (поскольку вода прибывает из земли, заземлена).

Если это - временная периодическая передача заряда, или, соответственно, заряд и разрядка, то возникает так называемый ток смещения – как в конденсаторе (очевидно) под воздействием наведённого заряда от переменного тока – между изолированным проводом навивки и стеной трубы (это может быть вычислено по уравнениям Максвелла). Этот ток смещения – продолжение переменного (+ - + - + - ...) или пульсирующего (типа меандра) (0 + 0 + 0 + 0 ... или 0 - 0 - 0 - ...) тока проводимости, который развивается между трубой (включая воду) и землёй. В результате получается, с одной стороны, переменное или пульсирующее электрическое поле, ориентированное в продольном направлении трубы, и, с другой стороны, магнитное завихряющееся поле, центростремительно вращающееся вокруг трубы. Измерения показали, что эффективное напряжение примерно 1 В производит между навивкой и водой ток смещения приблизительно 0,5 А.



ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

Рис. 7. Схематическое представление растворённой и нерастворённой извести. Верхняя реакция - растворённая известь, гидрокарбонат кальция. Нижняя формула - формула осаждённой извести.

В этом месте некоторое внимание нужно обратить на известь, растворённую в воде. Рис. 7 показывает химические связи. Растворённая известь – гидрокарбонат кальция – диссоциирует в дважды положительно заряженный ион кальция и два отрицательно заряженных иона гидрокарбоната. Эти ионы окружены гидратной оболочкой. Молекулы воды обособиваются вокруг иона кальция так, чтобы кислород с частично отрицательным зарядом был ближе к положительно заряженному иону кальция, и водород с частичным отрицательным зарядом был направлен наружу (Про частичный положительный и частичный отрицательный заряд см. раздел Вода и физическая обработка воды). Электростатические силы связывают эти кластеры вместе. Ион гидрокарбоната окружён точно так же, но атомы кислорода молекул воды направлены наружу. Подробнее см. рис. 8. Эти кластеры в целом проявляют положительный или, соответственно, отрицательный заряд. Схематическое представление дано на рис. 8, кластеры предположены как небольшие сферы. Их диаметр 1 - 2 нанометра (нм); предполагается, что в кластер вовлечены приблизительно 100 - 200 молекул воды. Если вычислить массы этих групп, то окажется, что масса кластера кальция примерно равна массе кластеров гидрокарбонат анионов и составляет от 30×10^{-22} до 60×10^{-22} г. Эти результаты интересны с точки зрения физической обработки воды.

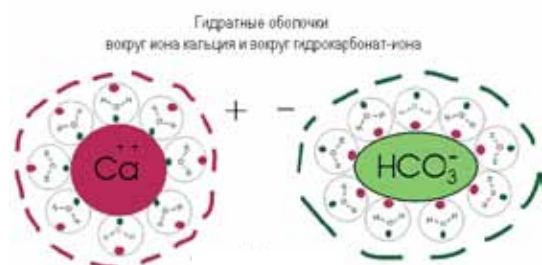


Рис.8. Гидратные оболочки из молекул воды вокруг иона кальция и карбонат-иона. Возвращаясь к индуцированному переменному электрическому полю, можно сказать, что

переменное электрическое поле во внутренней части трубы с помощью наведённого заряда влияет на ионы или на биполярные молекулы, закрытые гидратными оболочками, когда они перемещаются вдоль трубы от одного к другому удару переменного поля. Электрические колебания управляют колебаниями вещества, и распространяются параллельно направлению трубы. Физически – это механическая (акустическая) продольная волна или ударная волна. При этом сменяются области со сверхдавлением и очень низким давлением. На уровне атомных и молекулярных полей это вызывает локальное растворение CO₂. Если частота колебаний является подходящей, то гидратные оболочки вокруг ионов распадаются, и это также приводит к локальному уменьшению концентрации CO₂. Баланс «известь-углекислота» локально нарушен, и в это время растворённые ионы извести, освобождённые от гидратных оболочек, могут встречаться и реагировать друг с другом: произведена молекула извести, которая теперь служит центром кристаллизации*. Далее, другие молекулы принимаются созданным центром кристаллизации, и образуют в воде кристалл извести. Этот кристалл извести электрически нейтрален и больше не реагирует ни с чем в питьевой воде. Поэтому подобные кристаллы извести больше не образуют отложений извести на стенах трубы нигде.

* Коралловые полипы строят свои коралловые палочки на основе этого же принципа. В их подножной области есть растительные клетки, содержащие хлорофилл. Они производят органические вещества (углеводы) и CO₂ из воды посредством солнечного света. Таким образом, тоже нарушается баланс «известь-углекислота» (уменьшается количество CO₂), и это приводит к выделению извести, формирующей коралловые палочки. Это – причина того, почему кораллы существуют только на солнечном мелководье, так как только здесь есть достаточно энергии солнца для процесса фотосинтеза.

Чтобы вызвать эти процессы, электрическое переменное поле должно содержать частоты, по возможности, приводящие к резонансным колебаниям гидратных оболочек. С тех пор как вся вода из городского водопровода соответствует немецкому Декрету о питьевой воде, она отличается, в зависимости от

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

источника, количеством растворённых минералов, значением pH и проводимость, что также влияет на образование электрического переменного поля наведённым зарядом. Кроме того, нужно учитывать изменяющуюся скорость потока. Устройства физической обработки воды, которые работают только с одной частотой, могут случайно учитывать эти нюансы, но в большинстве случаев они не приводят к успеху. Про устройство физической обработки воды, испытание которого описывается, известно несколько технических данных, известны так же положительные эффекты применения. Поэтому, имеет смысл теоретически и (в максимально возможной степени) фактически оценить эффективность устройства посредством этой информации.

Устройство физической обработки воды имеет 2 навивки. Каждая навивка получает импульсы с тактовой частотой 10 Гц, длительностью импульса 50 микросекунд, и 50 микросекунд – отдых и отсутствие тока. Когда одна навивка обесточена, вторая проводит импульсы. У каждого импульса есть частотная характеристика приблизительно 3-15 кГц, распределённых на 50 микросекунд. Поскольку не было никакой подходящей измерительной техники, характеристики частот не могли быть измерены точно. Если 10 колебаний пересчитаны в расчете на 1 кГц, то приблизительно достигнута нужная частота пульсации. В этом месте ещё раз следует особо подчеркнуть то, что это только попытка объяснить эффективность вообще. Сложность возбуждённых колебаний, включая перекрытие различных форм волны (обертоны) вообще не могут быть учтены.

Устройство, как предполагается, успешно обрабатывает 5000 литров воды в час. В случае полудюймовой трубы это означает поток водного столба 11,3 мм в микросекунду, в случае дюймовой трубы, это было бы 2,8 мм/мс и в случае двухдюймовой трубы – 0,7 мм/мс. Длина эффекта электрического переменного тока имеет 98500 мм (производитель указывает 98100 мм), это означает, что у каждой гидратной оболочки вокруг иона есть достаточно времени, чтобы развалиться.

Что можно сказать относительно скорости реакции химических компонентов? Институт Макса Борна нелинейной оптики и переходной

спектроскопии в Берлине на основе молекул воды исследовал скорость формирования молекул с помощью специального лазерного массива. Результатом было время между 10 и 20 фемтосекундами (1 фс = 10⁻¹⁵ секунды). Это время так же немислимо коротко, как вселенная является немислимо большой. Расстояние, которое проходит свет за одну фемтосекунду, даёт нам приблизительное понимание того, как коротко это время: примерно 0,3 микрометра. За то время, когда свет проходит 6 мм, могут быть созданы 1000 молекул. Поэтому, очень вероятно, что формирование молекул и формирование центров кристаллизации могут иметь место в рассматриваемой области скоростей и потоков. Следующий раздел: «Защитный слой и корка накипи при физической обработке воды»

5. Защитный слой и корка накипи

В этом месте кратко вспомним формирование корки накипи в связи с процессами, происходящими в изгибах трубы. Текущая вода ускоряется в изгибах трубы. Вода, текущая во внешнем радиусе, движется быстрее, чем вода во внутреннем радиусе. Согласно упрощённому уравнению Бернулли, сумма статического и динамического давления – постоянная величина. $R_{дин} + P_{стат} = константа$.

В воде, которая течет быстрее, динамическое давление увеличивается, и статическое давление уменьшается. Это означает, что CO₂ перемещается из внутреннего радиуса к внешнему радиусу*, и баланс «известь-углекислота» нарушается. Известь высвобождается, ищет центр кристаллизации и находит этот центр на стенах внутреннего радиуса трубы. Постепенно слой извести растет вдоль стенок трубы, в него вносятся также и другие минералы. На этих нерегулярных поверхностях развиваются турбулентности. Этот же процесс из-за колебаний давления происходит в разветвлениях трубы, так, чтобы в обоих случаях развиваются отложения извести. Поскольку вода, и поэтому также CO₂, испаряются в кранах и насадках для душа, то и в этих местах развиваются отложения извести. На горячих поверхностях CO₂ также удаляется от ближайших к ним прилегающих областей, так что эти поверхности тоже становятся любимыми местами кристаллизации для извести.

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

* при повышении давления растворимость газа растёт.

Присутствие извести в питьевой воде важно по двум причинам, и поэтому минимальное количество, которое соответствует жёсткости воды 8,4 немецких градусов (2,8 мг-экв/л), предусмотрено Немецким декретом питьевой воды. Во-первых, питьевая вода обеспечивает часть потребности тела в кальции и, во-вторых, гидрокарбонат анионы реагируют с металлом трубы и тем самым формируют металлический карбонатный защитный слой. Это особенно важно в случае медных труб (см. следующий раздел статьи «Удаление отложений накипи и защита от коррозии с помощью физической обработки воды»). Рис. 9 показывает детали такого защитного слоя. Вы можете видеть, как кристаллы растут на металлической поверхности. Такие связки кристаллов покрывают поверхность и защищают трубу от коррозии.



Рис. 11. Известковая пыль после физической обработки воды.

Рис. 10 показывает это еще лучше. Рис. 10 – это электронная микрофотография искусственно созданного фосфатного защитного слоя для защиты от коррозии. Фосфаты кристаллизуются в похожей на карбонаты кристаллической системе (в разделе „Известь и физическая обработка воды“). В то же время, это положительное качество извести, образование защитного слоя, становится неудобством, поскольку на защитном слое постоянно растут всё более увеличивающиеся отложения извести, так как защитный слой представляет идеальные центры кристаллизации. В результате труба постепенно засоряется, начиная с изгибов и ответвлений. Как обозначено выше, инкрустации от этих мест переходят на прямые участки труб. Этот процесс длится так долго, пока в воде растворена известь. Но большая часть извести в воде вымывается из трубы без образования

отложений. В конце концов, с потреблением воды 100 м³ ежегодно и жёсткостью воды 28 немецких градусов (примерно 7 мг-экв/л) через трубы транспортируется приблизительно 45 кг извести. Если известь в воде была преобразована в кристаллы с помощью электромагнитной обработки воды, как описано выше, известь вымывается из трубы с водой в форме мелких субмикроскопических кристаллов, и кристаллизация на стенах труб больше невозможна. Кристаллы извести откладываются нерегулярно, как показано на рис. 11. Эти же события происходят и в горячей воде.

Практические применения показали, что растворённые минералы в дальнейшем откладываются на центрах кристаллизации кристаллов извести в объёме воды, и опускаются на дно, например, нагревательных котлов, в форме пыли, без нарастания на нагревательных панелях. Этим путем, около 2 кг отложений пыли извести можно удалить из 150-литрового водонагревательного котла после года работы, а нагревательные панели будут абсолютно свободны от коррозии. Отзывы пользователей показали, что теплообменники для нагрева горячей воды в случае теплоцентрали также остаются свободными от извести на вторичной стороне. Так, к примеру, начиная с установки исследованного устройства физической обработки воды четыре года назад, не было нужды в очистке нагревательных поверхностей. То есть, известь стала безопасной, но не была удалена и все еще физиологически присутствует. Другое последствие этого - то, что капли воды, которые сохнут на поверхности, оставляют известковую пыль, которая может быть легко удалена с влажной тканью. Но если эту пыль оставить во влажном окружении на некоторое время, то пыль может частично раствориться под воздействием CO₂ из воздуха, и, если высохнет снова, то возможна жёсткая кристаллизация на поверхностях: эти инкрустации удаляются уже с помощью химикатов.

Также предполагается, что эти устройства удаляют существующие отложения накипи и предотвращают коррозию или ржавчину. Возможно ли это, и, если это возможно, как это работает?

На эти вопросы ответит следующий раздел

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

статьи «Удаление отложений накипи и защита от коррозии с помощью физической обработки воды».

6. Удаление отложений и защита от коррозии

Прежде всего, немного информации об удалении отложений извести: если мы бросаем более близкий взгляд на уравнение (1), мы можем видеть, что химическая реакция может проходить не только слева направо (сегрегация извести), но также и справа налево (растворение извести).

Уравнение (1), превращение растворённого гидрокарбоната кальция в нерастворимый карбонат кальция и углекислый газ и наоборот:



Здесь, опять же, играет важную роль баланс «известь-углекислота». Если есть избышек углекислоты, известь растворена. С каждой растворённой молекулой извести, кристаллизовавшейся в воде, образуется одна молекула углекислоты. Эта углекислота постепенно воздействует на отложения извести на стенах трубы и растворяет их, и так удаляет существующую известь с труб. В зависимости от уровня инкрустаций в трубе (жёсткая вода, срок службы), этот процесс может длиться от 6 месяцев до двух лет*. В это время, легкие отложения извести на стенках труб образуются по новой. Когда этот процесс закончен, корка накипи больше не развивается. Известь удалена, но карбонатный защитный слой сохраняется.

* Примерно и ориентировочно можно сказать, что период растворения существующих отложений извести равен времени их образования. То есть, если известь нарастала год, то примерно столько же она будет удаляться.

Конечно, кристалл извести в объёме воды также подвержен этому влиянию углекислого газа. Но кристалл, произведенный в воде, развивается почти в невесомом состоянии, и поэтому кристаллическая структура образовалась так идеально*, что содержит лишь несколько дефектов решетки, таких как вакансии, промежуточные атомы, замещающие атомы или молекулы, смещение и ошибки наложения. Поэтому, этот кристалл предлагает меньше

целей для воздействия углекислого газа, чем корка, представляющая подобные ошибки в большом количестве, и поэтому также большую поверхность и более высокую внутреннюю энергию. Поэтому корка накипи подвергается нападению углекислого газа интенсивнее, часто с избирательным растворением, что приводит к выбросу более грубых частиц извести, которые могут накопиться в аэраторах.

* В форме иголок и палочек, как на рис. 11; также для сравнения – второй раздел «Известь и физическая обработка воды» статьи „Физическая обработка воды. Как она работает?“.

Теперь уравнение (1) представляет уравновешенное постоянное состояние. Но в природе фиксированного равновесия не существует, наблюдается исключительно динамическое равновесие. Например, в точке плавления воды, лед и вода существуют в одно и то же время, они уравновешены. Это означает, что статистически в одну единицу времени одинаковое количество молекул воды переходит от жидкости в твёрдое состояние, и из твёрдого состояния в жидкость. Равновесие течет.

Образование извести, так же, как и растворение извести, описанные в уравнении (1), также подвержено этому постоянному процессу, если нет никакого вмешательства извне. Процессы в секции обработки не будут затрагивать все существующие молекулы. То есть, если растворённая известь в небольшом количестве оседает в трубе, то такое же количество извести почти одновременно растворяется снова, так как физическая обработка воды вмешивается в пользу растворения извести и удаления отложений, и новые инкрустации не образуются. Статистически возможно, что поверхности, которые еще не покрыты защитным слоем из кристаллов карбонатов (см. рис. 9 и 10) во время этих процессов теперь формируют такие кристаллы, и таким образом делают слой защиты от коррозии более толстым.

Описанный механизм формирования защитного слоя – не единственный эффект предотвращения коррозии. С тех пор уже образовался защитный слой, обычно никакая коррозия не должна происходить, но опыт показывает, что коррозия на самом деле происходит в гальванизованных

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

железных трубах, так же как в медных трубах (например, в случае создания неравномерного фосфатного защитного слоя или в случае пятен корки накипи). Какова причина?



Рис. 12. Коррозионный элемент (Вентиляционный элемент). По бокам капли, где кислорода больше, располагаются катодные области. В центре, где вентиляция кислородом недостаточна, расположена анодная область.

В технологии существует процесс коррозии, называемый «коррозионный элемент». Рис. 12 описывает этот процесс. Железо - электрический проводник, вода - электролит. Когда капля воды находится на железе, образуется электролитическая ячейка, единственная отсутствующая вещь – электрическое напряжение. На краю капли воды контакт кислорода и поверхности металла более силен, а центр капли вентилируется в меньшей степени. Таким образом, развивается потенциальное различие между этими двумя областями, край капли воды становится катодом (излишек электронов) и центр капли – анодом (нехватка электронов). Будучи электролитом, вода теперь позволяет происходить закрытому электрическому кругообороту между анодом и катодом. На аноде положительно заряженные ионы преобладающего металла растворяются, реагируют с водой и откладываются как ржавчина, в то время как электроны двигаются через металл к катоду. В принципе, такой же самый процесс разрушения металла происходит и в случае меди.



Рис. 12а. Коррозионный элемент на основе нароста известки на металлической трубе.

В принципе, тот же самый процесс имеет место в наших трубах, только различие лежит в причинах различных способов контакта кислорода с металлическими поверхностями.

Рис. 12а схематично представляет коррозию с участием пятна накипи. Пока вода физически не обработана, известь склонна к отложению, как описано выше (Подробнее - раздел „Известь и физическая обработка воды“). Между областями с сильными отложениями известки и зонами, свободными от известки, проявится более или менее сильный контакт кислорода и поверхности металла, что приводит к появлению поверхностей с различной концентрацией кислорода. Этим путем вызывается тот же самый процесс, какой вызывается в элементе коррозии (наблюдается уже рассмотренный коррозионный элемент). Как известно, в большинстве случаев коррозия происходит в местах изгиба трубы, ответвлениях и крестовинах, где и образуются толстые отложения накипи. Если эти отложения удалены, остаётся только защитный слой, контакт кислорода и металла одинаковый повсюду, и электрический потенциал больше не может развиваться*. Этот процесс особенно важен в случае медных труб, поскольку с высоким содержанием кислорода и значениями pH ниже чем 6,5, медь особо сильно подвергается коррозии и имеет особенно сильную тенденцию к сквозной коррозии. В этих случаях толстый защитный слой особенно важен, также из-за наличия посторонних примесей в меди (от поставщиков дешевых продуктов), которые ускоряют формирование элементов коррозии. Таким образом, все больше меди входит в воду при коррозии, и это неблагоприятно для здоровья. Согласно рекомендациям Федерального министерства здоровья, в этих случаях дети не должны пить воду из-под крана. Так, поставщики воды называют медь «свинцом 20 столетия».

* То есть, при физической обработке воды коррозия невозможна физико-химически. Далее - заключительные замечания по поводу физической обработки воды.

ФИЗИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ. КАК ОНА РАБОТАЕТ?

Доктор технических наук Hartmut Junke

7. Заключительные замечания

Доступные факты показывают, что эффективность физической обработки воды была не только доказана пользователями, но что также существуют теоретические и практические физическо-химические доказательства эффективности. Но предварительное условие работоспособности прибора физической обработки воды – это то, что предлагаемое устройство более или менее удовлетворяет описанным в статье параметрам. Если говорить в общем, то электронно-технологические требования к устройствам довольно высокие, так что в большинстве случаев дешевые приборы физической обработки воды не могут выполнить эти требования.

Способ действия этих устройств показывает, что обычные, существующие испытательные процедуры для определения эффективности приборов физической обработки воды, особенно короткие тесты, подводят и дают ложные результаты. Должна быть развита новая процедура тестирования, которая может также обеспечить количественное доказательство теоретических закономерностей, описанных здесь.

Я хотел бы поблагодарить профессора, доктора Н. Ungenannt, Магдебург, за поддержку во время интерпретации электрических процессов, господина К. Matthies, кандидата технических наук, Берлин, за помощь относительно измерительных технологий, профессора, доктора W. Morgner, Eichenbarleben, за критические обсуждения данной работы и проектную фирму устройств физической обработки воды Helmut Siegmund, Königs-Wusterhausen, за предоставление устройства физической обработки воды.

Информация об устройстве и производителе может быть разыскана по автору или проектной фирме Siegmund, Herdstr. 7, 15711 Königs Wusterhausen.

Рисунки взяты из следующих источников:

1. Рисунки 1 и 2: W. Клебер, Введение в кристаллографию, Verlag Technik Berlin, 1956.
2. Рисунок 4: Информационный источник от Christiani Wassertechnik GmbH

3. Рисунок 9 и 11: Информационный источник от Christiani Wassertechnik GmbH
4. Рисунок 10: Информационный источник от фабрики BMW-мотоциклов, Берлин
5. Рисунок 12: W. Schatt (редактор), Введение в материаловедение, VEB Deutsche Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1981.