

Негативные последствия скопления воздуха в отопительном приборе

А. Ракоч, д. х. н., А. Лобач, к. т. н., В. Бегнарский, к. т. н.

Развитие отопительной техники в России и за рубежом за счет усовершенствования конструкции, материалов, технологий производства, методик испытания и способов контроля привело к значительному повышению показателей качества, эксплуатационных свойств, технических характеристик оборудования. Однако не все вопросы остаются решенными, что замедляет дальнейший прогресс в этой области.

Известно, что одним из параметров, определяющих долговечность эксплуатации отопительного прибора, является стойкость к коррозии. Поэтому для увеличения его срока службы необходимо, чтобы используемые материалы обладали высоким химическим сопротивлением при различных внешних условиях.

Очень часто для изготовления внутренней поверхности каналов трубчатых, панельных, секционных радиаторов отопления, полотенцесушителей и других приборов системы отопления, по которым циркулирует теплоноситель – вода, используют чугун, сталь и алюминиевые сплавы. Все они подвержены коррозии на внутренней поверхности, которая может усиливаться при наличии воздуха.

Скопление воздуха в отопительном приборе, возможное при его работе в системе индивидуального или коллективного водяного отопления, не только приводит к ускорению коррозионных процессов, но и

ухудшает технические характеристики, благоприятствует негативным побочным явлениям работы, таким как шум.

При установке и заполнении отопительного прибора в нем может оказаться воздух, который не был полностью удален из общей системы отопления. Воздух может накапливаться и в процессе эксплуатации системы. В зависимости от качества подготовки теплоносителя по количеству растворенных газов, а также значений давления и температуры в конкретное время и в данном месте системы отопления объем воздуха может увеличиваться или уменьшаться, что усложняет количественный анализ. Попытки устранить этот воздух из системы отопления в целом, в том числе и из отопительного прибора, не всегда оказываются эффективными.

Для удаления воздуха из отопительного прибора используют автоматические или ручные воздухоотводчики. Их работа основана на открытии и закрытии небольшого

отверстия, через которое скопившийся газ выходит из внутренней полости отопительного прибора в атмосферу. По конструкции ручные воздухоотводчики (их еще называют краном Маевского) представляют собой радиаторную заглушку с клапаном, работа которого основана на открытии или закрытии сквозного отверстия путем вращения ручки или винта.

Ручные воздухоотводчики имеют простую, относительно надежную конструкцию, невысокую стоимость, но требуют от пользователя ответственного обращения. К сожалению, при ручном спуске воздуха нет возможности оценить объем газа внутри радиатора. Поэтому он может быть удален не полностью. В результате в системе «газ–теплоноситель (электролит)» протекают коррозионные процессы.

Причины, из-за которых скопление воздуха может вызывать интенсивную коррозию углеродистой стали:

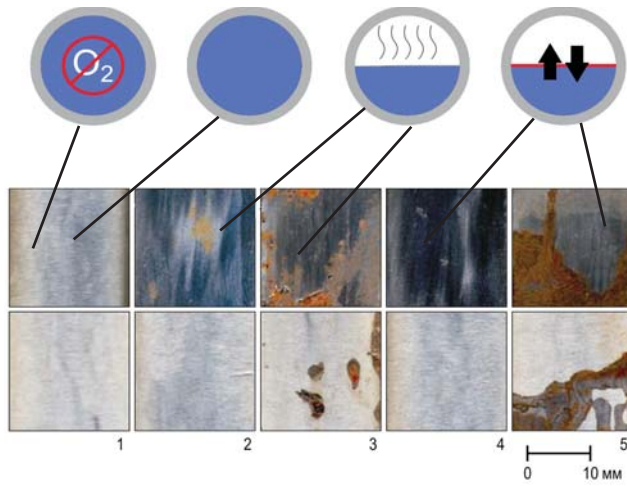


Рис. 1. Типичный внешний вид образцов из углеродистой стали после коррозионных испытаний:

1 – при полном погружении в щелочной деаэрируемый или аэрируемый раствор при температурах 25 и 80 °С; 2, 3 – при расположении в атмосфере над щелочным раствором при температуре 25 (2) и 80 (3) °С; 4, 5 – при погружении приблизительно на 50 % в щелочной раствор с температурой 25 (4) и 80 (5) °С

– конденсация паров, приводящая к различной толщине слоя влаги на различных участках поверхности стали (образование микрогальванических элементов);

– работа микро- или макрогальванических элементов на участках поверхности стали, разделенных ватерлинией.

Образование микро- и макрогальванических элементов обуславливается различной скоростью переноса деполаризатора (кислорода, O_2) к различным участкам металлической поверхности, находящимся под разным по толщине слоем электролита.

Примером автоматического воздухоотводчика может быть клапан с поплавковым механизмом. Работа этого устройства основана на автоматическом открытии и закрытии спускного отверстия с помощью поплавкового клапана. При отсутствии воздуха в отопительном приборе поплавков держит выпускной клапан закрытым. Если появляется воздух в канале радиатора, уровень воды понижается, поплавков отпускается, тем самым открывая выпускной клапан, через который воздух выводится из радиатора.

Несмотря на привлекательность автоматических воздухоотводчиков, и у них есть недостатки. Например – они имеют сложную конструк-

цию, что повышает их стоимость. Кроме того, в случае неправильной установки, вследствие циклических нагрузок (особенно превышающих предельно допустимые), высока вероятность их выхода из строя. Выпускной канал автоматических воздухоотводчиков часто подтекает, заливается, загрязняется, особенно в системах отопления с плохим качеством теплоносителя.

Известно, что отопительные приборы можно классифицировать по преобладающему способу теплоотдачи и по используемому материалу. Рассматривая влияние скопления воздуха в отопительном приборе на коррозию и поиск решения этой проблемы, классификацию можно расширить по такому конструктивному критерию, как форма и схема соединения внутренних каналов, по которым движется теплоноситель. Так как от этого зависит не только траектория движения теплоносителя, но и геометрия, а также расположение так называемых застойных зон с воздухом.

Для большинства известных схем подключения радиаторов скопление воздуха происходит в крайних участках верхнего горизонтального канала, которые не имеют входного или выходного узла подключения.

Авторы этой статьи изучали коррозионное поведение внутренней поверхности радиаторов при различных температурах, имитируя процессы на примере образцов, изготовленных из качественной углеродистой конструкционной стали (далее – конструкционная сталь). Образцы размещали над теплоносителем (электролитом), а также частично или полностью погружали в него. Углеродистая сталь была выбрана в связи с тем, что имеет высо-

кую коррозионную стойкость в щелочных водных растворах в широком температурном интервале (вследствие ее пассивирования при таких условиях).

Также были проведены ускоренные электрохимические испытания углеродистой стали в теплоносителе с различной температурой.

Образцами служили пластины, вырезанные из горизонтального канала радиатора отопления диаметром 30 мм. Их средние геометрические размеры: 25×50×2,5 мм.

Модельный раствор (теплоноситель) готовили в соответствии с нормами, правилами эксплуатации и требованиями к подготовке теплоносителя систем отопления, тепловых сетей РФ (СО 153-34.20.501-2003), путем растворения гидроксида натрия в дистиллированной воде до достижения pH раствора 9,0. Его значение контролировали с помощью pH-метра с погрешностью $\pm 0,2$. Коррозионные испытания проводили при температуре 25 ± 2 и 80 ± 2 °С.

При проведении ускоренных коррозионных испытаний были использованы четыре различные схемы расположения образцов в коррозионной среде:

1) образец полностью погружен в теплоноситель без доступа воздуха к раствору (коррозия в термически деаэрированной среде);

2) образец полностью погружен в раствор, доступ воздуха к которому свободен (коррозия в аэрированной среде);

3) образец расположен в атмосфере над раствором (атмосферная коррозия в парах воды над раствором);

4) образец погружен в электролит приблизительно на 50 % (поверхность раздела «раствор/воздух»).

Скорости коррозии образцов из углеродистой стали в исследуемых растворах была определена гравиметрическим методом (ГОСТ 9.908-85). На аналитических весах с преде-

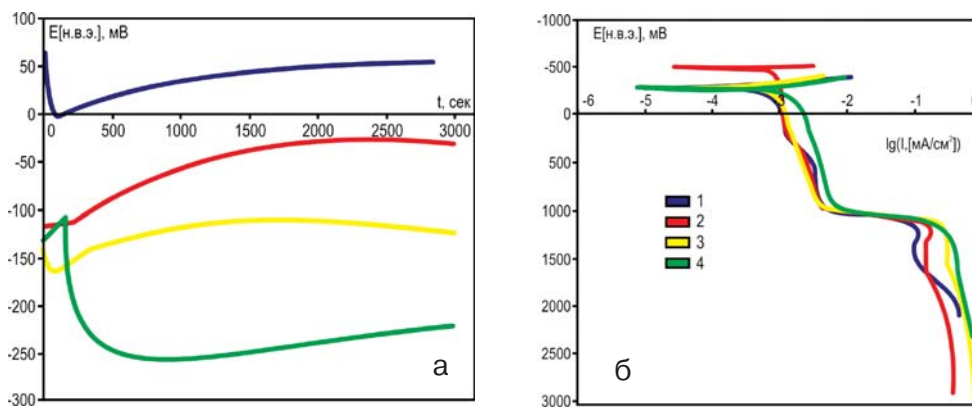


Рис. 2. Зависимость потенциала коррозии от времени (а) и анодные поляризационные кривые (б) углеродистой стали при температуре 25 ± 2 (кривые 1, 3) и 80 ± 2 (кривые 2, 4) °С в аэрируемом (кривые 1, 2) и деаэрируемом (кривые 3, 4) щелочном водном растворе

лом допустимой погрешности $\pm 0,002$ г были измерены массы образцов до и после проведения испытаний после удаления с их поверхности продуктов коррозии (это делалось механическими методами в соответствии с ГОСТ 9.907-83). Геометрические размеры образцов измеряли при помощи штангенциркуля. По значениям убыли массы (Δm , г), площади образцов (S , m^2) и времени экспозиции испытания (t , ч) рассчитывали отрицательный показатель изменения массы:

$$K_m^- = (\Delta m) / (S \cdot t), \text{ г} / (m^2 \cdot \text{ч}).$$

Исходя из значения отрицательного показателя изменения массы, рассчитывали глубинный показатель коррозии (Π):

$$\Pi = K_m^- / \rho_{Fe} \cdot 8760, \text{ мкм/год},$$

где ρ_{Fe} – плотность железа, равная $7,874 \text{ г/см}^3$.

При электрохимических испытаниях устанавливали свободный потенциал коррозии и снимали анодные поляризационные кривые углеродистой стали в аэрируемом и деаэрируемом модельном растворе теплоносителя при температурах 25 ± 2 и 80 ± 2 °С. Испытания проводили, используя цифровой потенциостат, трехэлектродную ячейку с двойными стенками, подключенную к термостату. В качестве вспомогательного электрода использовали платиновый, а электрода сравнения – хлорсеребряный.

Из экспериментальных данных, представленных на рис. 1 и 2, следует, что углеродистая сталь при ее полном погруже-

нии как в деаэрируемый, так и аэрируемый щелочной ($pH = 9$) водный раствор при температуре 25 и 80 °С находится в пассивном состоянии. На образцах (рис. 1) отсутствуют следы коррозионных поражений после выдержки в щелочном электролите в течение 217 ч, а потенциалы коррозии (рис. 2а) более чем на 380 мВ положительнее обратимого потенциала железа для всех выбранных при данном исследовании температурах электролита.

Согласно диаграммам Пурбе (рис. 3) на поверхности углеродистой стали при заданных внешних условиях может формироваться оксид (Fe_2O_3) или гидроксид ($Fe(OH)_3$) железа.

Следовательно, коррозионная стойкость углеродистой стали, вследствие ее пассивирования в щелочном водном растворе как при комнатной температуре, так и при температуре 80 °С является высокой, и ее можно использовать для изготовления отопительных приборов.

Однако коррозия исследуемой стали, очевидно, как и других углеродистых сталей, в значительной степени должна возрастать при ее частичном погружении в щелочной водный раствор или при ее нахождении над ним на расстоянии, когда реализуется конденсация паров воды на ее поверхности, и, что особенно опасно, приводит к локальным видам коррозии.

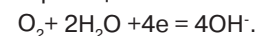
Локальные виды коррозии

реализуются, как правило, когда значительно большая поверхность металлического материала находится в пассивном состоянии, т.е. образуется гальваническая пара. Катодом в ней является пассивная поверхность, а анодом – активные, как правило, небольшие участки металлической поверхности. При этом

практически не происходит торможение (перенапряжение) катодного процесса, а анодный ток, протекая через небольшие участки поверхности, приводит к их интенсивной коррозии (большая плотность тока на этих участках).

Действительно, из экспериментальных данных, представленных на рис. 1, следует, что на поверхности углеродистой стали, находящейся над электролитом, температура которого 25 °С, появились относительно небольшие коррозионные пятна. С увеличением температуры электролита до 80 °С они приобретают вид коррозионных язв.

Причиной этих локальных коррозионных поражений углеродистой стали является образование микрогальванических пар. Это происходит вследствие различной скорости переноса кислорода к разным участкам металлической поверхности. Участки поверхности с относительно тонким слоем электролита на них являлись катодами, а участки, покрытые более толстым слоем влаги, – анодами. С увеличением температуры водного раствора интенсивность работы микрогальванических элементов возрастает по экспоненциальному закону, т.к. лимитирующей стадией под тонким слоем электролита является, как правило, кинетическая стадия – катодная реакция:



«Работа» микро- и макрогальванических элементов является значительно более интенсивной, если образец из

углеродистой стали находился не над щелочным водным раствором, температура которого 80 °С, а был частично погружен в данный электролит. Большая часть поверхности образца,

находящаяся над ватерлинией, являлась, в основном, катодом, а погруженная в электролит – анодом (рис. 1).

В соответствии с представлениями Н.Д. Томашова и Г.П. Черновой, авторов книги «Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы», при интенсивном протекании катодного процесса может происходить смещение потенциала коррозии в положительную сторону – до потенциала перепассивации. При этом потенциале происходит вторичное активирование металлической поверхности вследствие протекания анодной реакции, приводящей к растворению пассивной пленки:



Следует отметить, что локальные анодные участки имелись и на не погруженной в водный раствор поверхности образца (рис. 1). Очевидно, что в этих местах поверхности углеродистой стали слой электролита был более толстым, тормозящим перенос кислорода к металлу.

Перепассивация участка металлической поверхности, находящейся в щелочном водном растворе, происходит только при высокой температуре электролита (80 °С), когда интенсивно протекает катодный процесс на остальной поверхности образца. Коррозионные пятна появились только на участке металлической поверхности, не погруженной в электролит.

В табл. 1 приведена оценка коррозионной стойкости образцов из углеродистой стали

в щелочном (pH = 9) водном растворе по десятибалльной шкале (табл. 2), в зависимости от их расположения в коррозионной среде и температуры электролита.

Представленные результаты распространяются на все отопительные приборы, в которых присутствует воздух. При слишком тонкой стенке стальных каналов, малоэффективных способах спуска воздуха, некачественной подготовке теплоносителя локальная коррозия может приводить к быстрому выходу радиатора из строя. При работе отопительных приборов рекомендуется использовать эффективный воздухоотводчик, а также вести оценку скопления воздуха во внутренней полости.

Резюме

1. Скопление воздуха в отопительных приборах из углеродистой стали недопустимо, т.к. на участках поверхности, прилегающих к ватерлинии, в щелочном водном растворе имеет место локальная коррозия.

2. Интенсивная локальная коррозия протекает вследствие возникновения микро- и макрогальванических элементов под различными слоями влаги на участках поверхности стали по обе стороны ватерлинии. При этом анодными являются те участки поверхности, к которым затруднен доступ кислорода.

Статья предоставлена ЗАО «Рифар», НИТУ «МИСиС».

Словарь терминов:

Диаграмма Пурбе – график, наглядно отображающий термодинамически устойчивые формы ионов или молекул при заданных pH (абсцисса) и потенциале E (ордината). Строится для конкретных веществ при заданной температуре. В энергетике наибольшее распространение получила диаграмма Пурбе для системы Fe–H₂O.

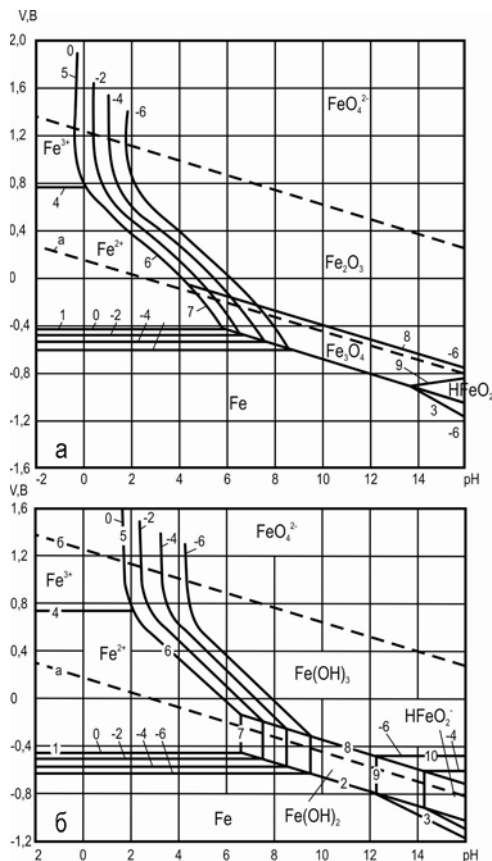


Рис. 3. Диаграммы Пурбе для системы «железо–вода» (Fe–H₂O): негидратированная (а) и гидратированная (б) форма оксидов

Таблица 1. Результаты ускоренных коррозионных испытаний

№	Расположение образца	Температура теплоносителя, °С	Баллы
1, 2	В теплоносителе при полном погружении	80 25	1
3	Над теплоносителем	80 25	6 1
4	Частично погруженный в теплоноситель	80 25	7 1

Таблица 2. Шкала коррозионной стойкости металлов

Оценка	Показатель коррозии, мкм/год	Балл коррозионной стойкости
Совершенно стойкие	1	1
Весьма стойкие	1–5	2
	5–10	3
Стойкие	10–50	4
	50–100	5
С пониженной стойкостью	100–500	6
	500–1000	7
Малостойкие	1000–5000	8
	5000–10000	9
Нестойкие	≥ 10000	10