

Швецов Г.А. – М. : Химия, 1988 – 450 с. 3. Чернобыльский И.И. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств/ Чернобыльский И.И. – М. : Машиностроение, 1979 – 368 с. 4. Машины и аппараты для химической промышленности : отраслевой каталог 35 - 93–М.: Машиностроение, 1994 – 620 с. 5. Братишков В.Г. Организация и обеспечение первичного учета и текущего контроля образования промышленных отходов и обращение с ними. /Братишков В.Г., Ольховская Л.Н. и др. – М. : Химия, 1991 – 574 с.

Поступила в редколлегию 19.01.2011

УДК 666.293.5

О.В. ШАЛЫГИНА, канд. техн. наук, н.с., НТУ «ХПИ»

Г.И. МИРОНОВА, аспирант, НТУ «ХПИ»

А.Ю. БРОВИН, канд. техн. наук, н.с., НТУ «ХПИ»

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ОТ КОРРОЗИИ

В даній роботі розглянуті проблеми захисту сталевих баків побутової нагрівальної апаратури від корозії. Наведені переваги захисних скло емалевих покриттів та особливості технологічного процесу виробництва водонагрівачів із емальованими внутрішніми баками. Дана характеристика причин виникнення корозійних процесів та способів захисту сталевих ємностей від корозії.

В данной работе рассмотрены проблемы защиты стальных баков бытовой нагревательной аппаратуры от коррозии. Приведены преимущества защитных стеклоэмалевых покрытий и особенности технологического процесса производства водонагревателей с эмалированными внутренними баками. Дана характеристика причин возникновения коррозионных процессов и способов защиты стальных емкостей от коррозии.

In the given work problems of household heating equipment steel tanks protection from corrosion are considered. Advantages of protective vitreous enamel coatings and feature of technological process of manufacturing water heaters with the enameled internal tanks are resulted. The characteristic of the reasons of occurrence of corrosion processes and ways of steel capacities protection from corrosion is given.

Развитие отечественной и мировой эмалировочной отрасли на современном этапе неразрывно связано со стремлением населения к комфорту, повышению качества и уровня жизни. Эти факторы в свою очередь стимулируют производителей на разработку и производство новых видов бытовой техники, в частности, нагревательной аппаратуры. Использование защитных стеклоэмалевых покрытий при производстве нагревательной аппаратуры обусловлено целым комплексом их преимуществ по сравнению с другими покрытиями, а также с нержавеющей сталью. Это, прежде всего, высокая коррозионная, термо- и водостойкость при различных режимах эксплуатации оборудования в сочетании с экологичностью и безвредностью для организма человека [1].

Ассортимент нагревательной аппаратуры огромный, но стеклоэмалевые покрытия для защиты рабочей поверхности применяют для электрических,

комбинированных и газовых водонагревателей, бойлеров и котлов, стиральных и посудомоечных машин. Эти изделия представляют собой сборные конструкции, состоящие из отдельных стальных деталей преимущественно цилиндрической или прямоугольной форм. Цилиндрическую форму имеют баки водонагревателей, бойлеров, стиральных машин.

Водонагреватели являются одним из наиболее распространенных видов эмалированной бытовой нагревательной аппаратуры. По типу они разделяются на: проточные, накопительные (емкостные) и проточно-накопительные. Проточные электронагреватели – это стационарные приборы для конвективного нагрева протекающей через них воды. В изделиях такого типа стеклоэмалевые покрытия, как правило, не применяются.

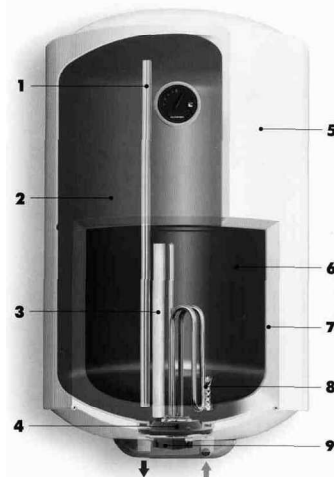
Конструкция и принцип действия емкостных водонагревателей практически одинаковы независимо от производителя – рис. 1. Они состоят из внутреннего и наружного стальных баков, пространство между которыми заполняется теплоизоляционными материалами. Во внутренний бак встроены нагреватели воды, термостат, предохранительный клапан.

Наружный корпус изготавливают из тонколистовой (0,45 – 0,5 мм) малоуглеродистой стали, на который после специальной предварительной подготовки наносят полимерное покрытие. Наружный бак определяет внешний вид бойлера, а защитные функции его покрытия обусловлены условиями среды его расположения, т.е. ванной комнаты, кухни и др.

Эмалированию подвергают только

внутреннюю поверхность стального внутреннего бака, которая находится в непосредственном контакте с водой и водяным паром.

Внутренний бак изготавливают из малоуглеродистой листовой стали толщиной 1,5 – 2,0 мм как холоднокатаной (марок 08кп, 08пс, 06ФБЮАР и др.), так и горячекатаной. В последнее время предприятия-производители отдают предпочтение холоднокатаным сталям. Изготовление баков производится путем раскроя прямоугольных заготовок корпусов баков, штамповки днищ и вальцовки обечаек. Затем производят подготовку поверхности деталей баков перед эмалированием. Подготовка поверхности включает обезжиривание в щелочных растворах с добавками ПАВ, промывку и нейтрализацию. Для деталей наружных баков производят дополнительную операцию фосфатирования. После подготовки поверхности детали баков сваривают и проверяют сплошность сварных швов. Поверхность внутреннего бака подвергают также дробеструйной обработке.



1 - выходная трубка для горячей воды; 2 - внутренний стальной бак со стеклоэмалевым покрытием; 3 - магниевый анод; 4 - стальной фланец, на котором смонтированы: нагревательный элемент, магниевый анод и термостат; 5 - внешний стальной бак с полимерным покрытием; 6 - стеклоэмалевое покрытие; 7 - пенополиуретановая теплоизоляция; 8 - трубка для подачи холодной воды; 9 - термостат

Рис. 1. Схема ЭВН

Баки, прошедшие все стадии подготовки и предварительного контроля, направляются на участок нанесения защитных покрытий [1].

Эксплуатационные и декоративные свойства защитных покрытий определяются условиями эксплуатации оборудования. Покрытия стальных внутренних баков водонагревателей должны выполнять свои защитные функции в водно-паровой среде при постоянном изменении температуры от ~ 10 до 95 °С и повышенном давлении внутри бака до 2 атмосфер. Кроме того, необходимо учитывать, что качество горячей воды – степень ее чистоты, отсутствие болезнетворных бактерий и токсичных элементов – зависит не только от ее исходных параметров в момент поступления в нагреватель, но и от состояния внутренней поверхности стального бака, в котором осуществляется нагрев. Поэтому для обеспечения долговечной и надежной работы оборудования защитные стеклоэмалевые покрытия для бытовой нагревательной аппаратуры должны отвечать следующему комплексу требований – таблица 1 [1, 2, 3].

Таблица 1 – Комплекс требований к защитным стеклоэмалевым покрытиям для бытовой нагревательной аппаратуры

	Характеристика покрытия	Показатели
1	Прочность на удар	(10 Н) – ISO 2723
2	Сплошность покрытия	
3	Толщина покрытия	0,15 – 0,5 мм [2]
4	Стойкость к кипящей воде и водяному пару	(504 часа) – потери веса max 3,5 г/м ² – DIN 4753
5	Термостойкость	3 цикла нагрев до 200°С с охлаждением в холодной воде) – ISO 2747, 2723
6	Физиологический контроль	водная вытяжка из эмали не должна содержать свинца и кадмия [2]

При контакте стального бака без защитного покрытия с горячей водой происходит интенсивная коррозия металлической поверхности, что приводит к разрушению изделия. Поэтому основной причиной, сокращающей срок эксплуатации емкостного водонагревателя и приводящей к выходу его из строя, является коррозия внутреннего стального бака [4].

Коррозия стали в воде обусловлена электрохимическими процессами, при которых на поверхности металла протекают два сопряженных процесса – анодный и катодный [5].

В ходе анодного процесса атомы металла переходят в электролит в виде ионов. Катодный процесс сводится к восстановлению деполяризаторов. В пресной воде коррозия стали происходит преимущественно с кислородной деполяризацией:



Скорость коррозии в этом случае определяется, главным образом, катодным процессом, который обычно лимитируется скоростью доставки кислорода к поверхности. С повышением температуры скорость электрохимических процессов возрастает, следовательно, и скорость коррозии должна увеличиваться. Однако при коррозии с кислородной деполяризацией на скорость коррозии при повышении температуры оказывает влияние уменьшение растворимости кислорода. В связи с этим, в открытых системах, к которым

относятся водонагреватели, на начальной стадии скорость коррозии увеличивается, а затем уменьшается, проходя через максимум при 60–70 °С.

Движущей силой коррозионного процесса является разность потенциалов, появляющаяся при образовании гальванических пар. Возникновение таких пар происходит на незащищенных участках стальной поверхности (поры, микротрещины). Это обусловлено неоднородностью металлической фазы (макро и микровключениями, неоднородность сплава на сварных участках) (рис. 2 а) и неоднородностью поверхности (границы зерен) (рис. 2 б) [6]. Второй причиной возникновения устойчивых гальванических пар может быть использование в конструкции водонагревателя металлов, имеющих заметно различающиеся электродные потенциалы (таблица 2).



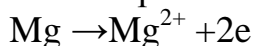
Рис. 2. Причины возникновения гальванических пар на поверхности металла: макро- и микровключения, неоднородность сплава (а), неоднородность поверхности в области границ зерен (б).

Стеклоэмалевые покрытия обеспечивают в наибольшей степени, так называемую, барьерную защиту стальных баков нагревательной аппаратуры от коррозии. Высокая гигиеничность водной среды в рабочей емкости создается именно при применении стеклопокрытий в отличие от баков из нержавеющей стали и полимеров. Но даже при условии соблюдения всех вышеуказанных требований (таблица 1) стеклоэмалевые покрытия не обеспечивают полной защиты изделий от коррозии. В процессе эксплуатации оборудования из-за циклических термических нагрузок могут образовываться микротрещины и другие малоразмерные дефекты. Поэтому необходимым условием обеспечения качественного защитного покрытия стальных баков является сходные значения коэффициента термического расширения материала стеклослоя и стали.

Для предотвращения коррозии дефектных участков покрытия внутреннего стального бака (не защищенных стеклоэмалевым покрытием) используется метод катодной защиты. Причем с целью упрощения используется самая простая его реализация – протекторная защита.

В качестве протектора используется металл не склонный к пассивации, со значительно более отрицательным стандартным электродным потенциалом, чем защищаемый. Некоторые стандартные электродные потенциалы приведены в таблице 2.

На практике наибольшее распространение получили протекторы из магния или его сплавов. Механизм протекторной защиты состоит в следующем: магниевый протектор выполняет роль анода



а на поверхности защищаемого объекта – незащищенных участков стального бака – протекает катодный процесс восстановления кислорода, приведенный выше – (рис. 3).

Таблица 2 – Значения стандартных электродных потенциалов некоторых металлов

Металл	E^0 , В	Металл	E^0 , В
Mg^{2+}/Mg	-2,363	Fe^{2+}/Fe	-0,440
Al^{3+}/Al	-1,663	Fe^{3+}/Fe	-0,037
Zn^{2+}/Zn	-0,763	Cr^{2+}/Cr	-0,913
Cu^{2+}/Cu	0,340	Cr^{3+}/Cr	-0,744
Cu^+/Cu	0,521	Ni^{2+}/Ni	-0,250

При этом площадь протектора должна составлять 0,2 – 0,5% от площади защищаемого объекта.

Магний окисляется, выделяя ионы магния Mg^{2+} в раствор электролита (воды), которые участвуют в химических реакциях с образованием солей, гидроксидов и оксидов магния. Также происходит переход электронов с разрушаемой поверхности магния на защищаемую поверхность железа. Благодаря этому вместо разрушения железа на его поверхности происходят химические реакции с образованием воды, водорода и других продуктов. Коррозия железа начинается лишь после того, как протекторирует весь магний.

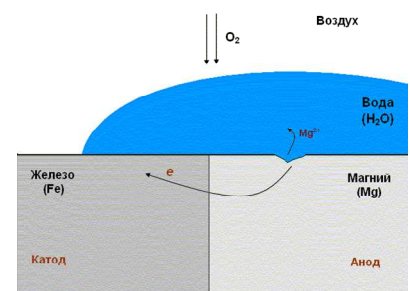


Рис. 3. Механизм протекторной защиты при использовании магниевого анода

Таким образом, исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для защиты стальных рабочих поверхностей бытовой нагревательной аппаратуры от коррозии наиболее целесообразно с точки зрения эффективности, экономичности и гигиеничности применять стеклоэмалевые покрытия. В сочетании с магниевым анодом такие покрытия обеспечивают барьерную и протекторную защиту стальных емкостей от коррозии в течение длительного срока службы изделий.

Список литературы: 1. Технология эмали и защитных покрытий / [Брагина Л.Л., Зубехин А.П., Белый Я.И. и др.] ; под ред. Л.Л. Брагиной. – Х. : НТУ «ХПИ», 2003. – 484 с 2.. Quality requirements for enamelled hot water tanks (boilers) / Quality requirements of European enamel authority. 2 Edition. – Hagen: DEV, 2004. – 138 p.3. Il boiler, un elettrodomestico di valutare meglio // Smalto Porcellanato. – 2002. – № 2. – P.20-21.4. Брагина Л.Л. Разработка стеклоэмалевых покрытий для защиты внутренних баков электроводонагревателей / Л.Л. Брагина, О.В. Шалыгина, Я.А. Покроева // Информац. вестник ООО «УАЭ» «Стеклоэмаль и эмалирование металлов». – 2010. – № 5. – С. 61-69. 5 Сухотин А.М., Богачев А.Ф. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Коррозия под действием теплоносителей, хладагентов и рабочих тел. – Ленинград: Химия, 1988 – 360 с. 6. . Основи теорії корозії та захисту металів / [Сахненко М.Д., Ведь М.В., Ярошок Т.П.]: Навч. Посібник. - Х. : НТУ «ХПИ», 2005. – 240 с.

Поступила в редколлегию 19.01.2011