

УДК 621.575.9:620.197

Исследование коррозионной стойкости нержавеющей сталей в ингибированном водном растворе бромида лития

К. И. СТЕПАНОВ, д-р техн. наук О. В. ВОЛКОВА*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет ИТМО**Институт холода и биотехнологий**191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9***Канд. техн. наук А. О. ЦИМБАЛИСТ***ООО «Балтэнергомаш», 197342, Санкт-Петербург, ул. Белоостровская, 22*

The corrosion resistance of ferritic stainless steels and austenitic class in terms of the generator of the second stage lithium bromide absorption chiller. According to the research for use in heat exchangers are recommended ABHM pipes of steel grade AISI439.

Key words: absorption lithium bromide chillers, corrosion resistance, stainless steel generator.

Ключевые слова: абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины, коррозионная стойкость, нержавеющие стали, генератор.

Высокая коррозионная активность водного раствора бромида лития оказывает заметное влияние на технико-экономические показатели и надежность абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин (АБХМ).

Наибольшие коррозионные разрушения в АБХМ происходят в генераторе и абсорбере. Это обусловлено влиянием таких факторов, как высокие температура (140–160 °С) и концентрация (62–64 %) раствора бромида лития в генераторе, наличие границы раздела фаз жидкость–пар на теплообменных трубах в абсорбере, наличие тепломассопереноса, скорости движения сред и др. В результате этого теплообменные поверхности генератора и абсорбера подвергаются различным видам локальной коррозии, в том числе питтинговой и язвенной.

В отечественных АБХМ с двухступенчатой регенерацией раствора, разработанных в ООО «ОКБ Теплосибмаш», в генераторе второй ступени применяют медно-никелевые теплообменные трубы марки МНЖ Мц 30-1-1.

Однако, высокая стоимость медно-никелевых сплавов и существующие на некоторых предприятиях ограничения на наличие ионов меди в пароконденсатном тракте ограничивают использование медно-никелевых труб. Поэтому поиск новых более дешевых и коррозионно-устойчивых конструкционных материалов для АБХМ является актуальной задачей.

На основании анализа особенностей всех возможных видов коррозионного разрушения металлов в АБХМ и результатов экспериментальных исследований коррозионной стойкости различных конструкционных материалов в условиях работы АБХМ [1] в качестве объекта исследования были выбраны нержавеющие стали ферритного класса марки AISI 439 и аустенитного класса марки 12Х18Н10Т и 08Х18Н10. Перечисленные конструкционные материалы являются коррозионно-

устойчивыми в агрессивных средах, имеют повышенную прочность и незначительную склонность к хрупкому разрушению.

Для проведения коррозионных испытаний в Институте теплофизики СО РАН был спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд, моделирующий генератор и конденсатор АБХМ. Принципиальная схема генератора стенда приведена на рисунке. Конденсатор предназначен для поддержания постоянной концентрации рабочего раствора в условиях интенсивного кипения.

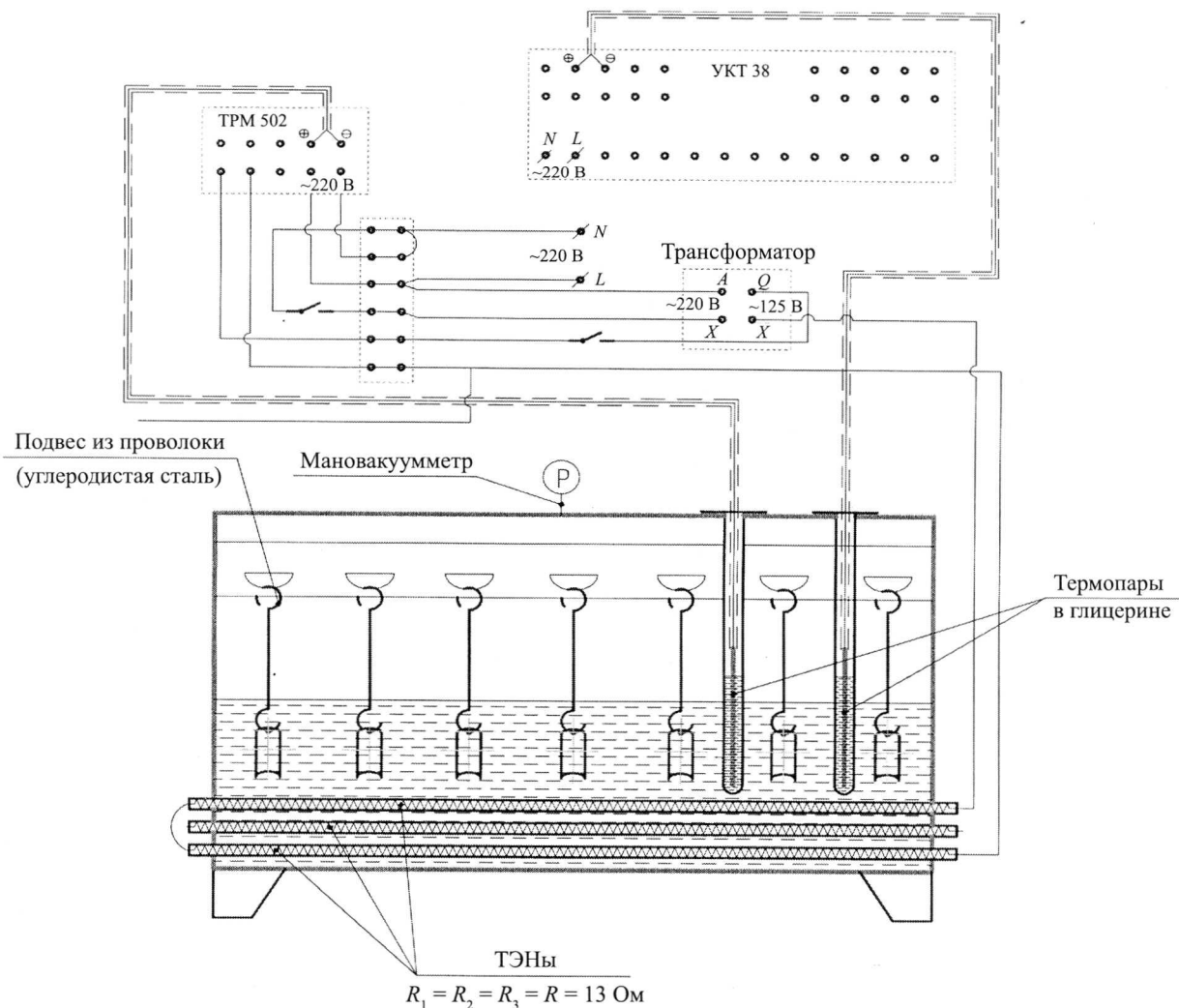
Теплообменный пучок генератора состоит из трех труб, расположенных горизонтально, внутри которых находятся нагревательные элементы. Тепловая нагрузка регулируется при помощи лабораторного автотрансформатора с диапазоном изменения напряжения 124–126 В. Заданный интервал температур поддерживается при помощи реле ТРМ 502, регулирующего температуру в диапазоне 152–157 °С. Температура рабочего раствора изменялась при помощи лабораторных термометров с ценой деления 0,1 °С и контролировалась хромель-копелевыми термопарами, откалиброванными по образцовому термометру. Давление в стенде измеряли мановакуумметром МВП-3-У (класс точности 1,5), установленным в верхней части стенда.

Рабочие растворы готовили из солей марки «Х4» и «4». Концентрация определялась прямым титрованием ионов Вг⁺ по известной методике [2]. В исследуемые растворы добавляли ингибитор коррозии — хромат лития концентрацией 0,17 %.

Перед началом и по окончании испытаний измеряли значения рН раствора.

Время коррозионных испытаний составляло 1000 ч и отсчитывалось с момента выхода установки на заданный температурный режим.

Образцы для испытаний изготавливали из нержавеющей сталей в виде пластин размером 50×15×3 мм, пластин, изогнутых в виде петель, трубок 40×16×1 мм. Для исследования контактной



Принципиальная схема установки для коррозионных испытаний

коррозии на трубки из нержавеющей стали надевали кольца из углеродистой стали марки Ст. 20, используемой в АБХМ для изготовления трубной решетки. Исследуемые образцы помещали в стенд через смотровые окна. Перед испытанием образцы обезжиривали этиловым спиртом, взвешивали на аналитических весах точностью $\pm 0,0002 \text{ г}$, измеряли площадь их рабочей поверхности. По окончании испытаний производился визуальный осмотр поверхности образцов и контроль их веса. Остатки продуктов коррозии с поверхности образцов удаляли в 10 %-м растворе лимоннокислого аммония при температуре 70°C в течение двух-трех мин. Скорость коррозии определяли гравиметрическим методом.

Результаты коррозионных испытаний, представленные в таблице, показали, что в условиях работы генератора второй ступени нержавеющей стали марки 08X18H10 и 12X18H10T подвержены неравномерной коррозии. На образцах в виде пластин следов коррозионного растрескивания не обнаружено. При этом петлевидные образцы подвержены значительному коррозионному растрескиванию.

На петлевидных образцах стали марки AISI 439 имеются язвенные коррозионные разру-

шения. Следует отметить, что язвы образовались только на внутренней поверхности петлевидных образцов, в местах сжатых слоев металла. Образцы в виде пластин из стали марки AISI 439 имеют следы незначительной равномерной коррозии (до $0,031 \text{ мм/год}$).

Трубки из стали марки AISI 439 подвержены незначительной равномерной коррозии в жидкой фазе рабочего раствора и на границе раздела фаз ($0,0065\text{--}0,008 \text{ мм/год}$), однако наблюдается язвенная коррозия. Глубина язв в жидкой фазе менее $0,25 \text{ мм}$ и на границе раздела фаз менее $0,5 \text{ мм}$.

При контакте нержавеющей стали марки AISI 439 с углеродистой сталью марки Ст. 20 скорость общей коррозии нержавеющей стали незначительно увеличивается (до $0,1$), однако уменьшаются местные коррозионные разрушения. На поверхности трубок имелись только пятнистые разрушения.

Таким образом, проведенные коррозионные испытания различных конструкционных материалов в 60 %-м водном растворе бромид лития, ингибированном хроматом лития ($0,17 \%$) при температуре $152\text{--}157^\circ \text{C}$ показали, что теплообменные трубки из нержавеющей стали марки 08X18H10T и 12X18H10T подвержены коррозии.

Коррозионная стойкость конструкционных материалов в водном растворе бромид лития

Материал образца	Скорость коррозии, мм/год	
	В жидкой фазе	На границе раздела фаз
08X18H10T — плоский образец; — петлевидный образец	— Коррозионное растрескивание	— Коррозионное растрескивание
12X18H10T — плоский образец; — петлевидный образец	— Коррозионное растрескивание	— Коррозионное растрескивание
AISI 439 — плоский образец	0,031	—
AISI 439 — греющая трубка	Язвы глубиной < 0,25 мм	Язвы глубиной < 0,5 мм
AISI 439 — полукруглый образец	0,0065	0,008
Контакт AISI 439	0,010	0,011
Ст. 20	0,25	0,58

онному растрескиванию и не могут применяться в АБХМ. Нержавеющая сталь марки AISI 439 устойчива к коррозионному растрескиванию в условиях работы генератора второй ступени и имеет незначительную скорость коррозии. Следовательно, теплообменные трубки из стали марки AISI 439 могут применяться в промышленных АБХМ.

Список литературы

1. Волкова О. В. Основные направления создания абсорбционных бромистолитиевых преобразователей теплоты нового поколения: Дис. д-ра техн. наук. 05.04.03. СПб., 2005.
2. Крешков А. П. Основы аналитической химии. — М.: Госхимиздат, 1965.