

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ СОЧЕТАНИЯ «НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ — ВОДА» СИСТЕМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ИСПАРИТЕЛЬНО-КОНДЕНСАЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

К. т. н. А. Н. Гершуни, к. т. н. А. И. Руденко, к. т. н. А. П. Нищик

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»  
Украина, г. Киев  
politekhins@gmail.com

*Предложен достаточно эффективный метод защиты поверхности испарительно-конденсационных систем при использовании нержавеющей стали в качестве материала корпуса и воды как теплоносителя при их длительном функционировании. Метод предполагает вакуумный отжиг поверхности с последующим термическим окислением в воздушной среде.*

*Ключевые слова: системы охлаждения испарительно-конденсационного типа, совместимость нержавеющей стали с водой, защита поверхности.*

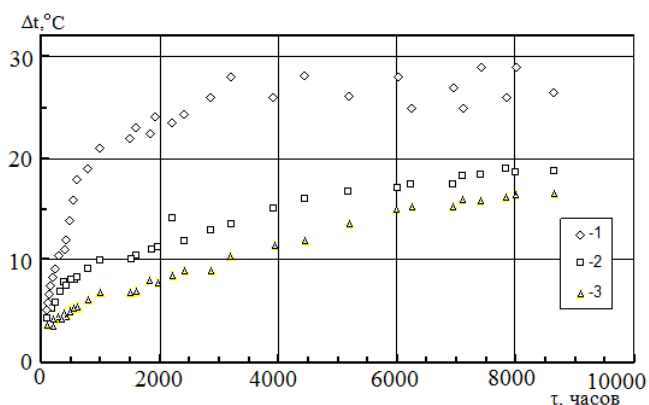
Работоспособность и ресурс замкнутых испарительно-конденсационных систем (ИКС) теплопередачи во многом определяются совместимостью теплоносителя с материалом корпуса системы. Вода как теплоноситель с наилучшими теплофизическими свойствами в температурном диапазоне 70—320°C часто используется в устройствах испарительно-конденсационного типа (ИКТ) для охлаждения электронной техники. Кроме меди — совместимого с водой конструкционного материала — существует также необходимость использования коррозионно-стойкой (нержавеющей) стали в сочетании с водой. При реализации такого сочетания возникают проблемы, связанные с развитием коррозионных процессов в такой системе. Явления несовместимости в закрытом объеме, вызванные протеканием физико-химических процессов при повышенной температуре (в основном химической и электрохимической коррозии), приводят к разрушению металла, образованию язв, раковин и трещин, отложению твердых и малорастворимых продуктов реакций. Происходит также уменьшение эффективной длины зоны конденсации вследствие образования неконденсирующегося газа (НКГ), что приводит к увеличению перепада температуры по длине ИКС и, соответственно, к увеличению термического сопротивления системы охлаждения. Образующийся в результате коррозионного взаимодействия НКГ почти полностью состоит из водорода, а процесс газовыделения со временем постепенно замедляется вплоть до его прекращения. Целью данной работы является обеспечение длительной работоспособности ИКС с сочетанием «нержавеющая сталь — вода».

В [1] были проведены экспериментальные исследования ИКС с данным сочетанием материала корпуса и теплоносителя и установлено, что взаимодействие происходит уже при температурах 100—150°C с заметным образованием  $H_2$  и  $Fe(OH)_2$ . До температуры примерно 100°C скорость газовыделения мала, и ИКС может долго сохранять свои исходные теплотехнические характеристики. При более высоких температурах коррозионный процесс активизируется. В исследованиях ИКС с сочетанием «нержавеющая сталь — вода» отмечался неравномерный характер протекания коррозионного процесса и, соответственно, выделения водорода. Наиболее интенсивное взаимодействие между материалом корпуса и теплоносителем наблюдалось на начальном периоде функционирования ИКС с постепенным затуханием коррозионного процесса во времени.

Из возможных способов подавления коррозионного взаимодействия в рассматриваемой замкнутой системе наиболее целесообразно использовать защиту поверхности нержавеющей стали от непосредственного контакта с водой. Например, в [2] предложен комплексный метод защиты внутренней поверхности ИКС, состоящий из химической пассивации в концентрированной азотной кислоте при температуре 50—60°C в течение 30 мин с последующим термическим окислением при темпера-

туре 320—340°C также в течение 30 мин. При этом на поверхности ИКС из аустенитной нержавеющей стали 12X18Н10Т создавалась равномерная оксидная пленка золотистого цвета.

Предложенный в КПИ им. Игоря Сикорского метод защиты поверхности ИКС включает вакуумный отжиг при температуре 900°C в течение 3 ч с последующим термическим окислением при температуре 500°C в течение 40 мин в воздушной среде. Образующаяся на поверхности металла защитная пленка имеет однородный темно-коричневый цвет, высокую адгезию с основным металлом и сохраняет первоначальные характеристики при многократных испытаниях на термоудар в диапазонах температуры от -196 до 20°C и от 20 до 250°C, а также при переходе от одного диапазона к другому.



Зависимость от времени функционирования среднего перепада температуры по длине ДТС с сочетанием «аустенитная нержавеющая сталь 12X18Н10Т — дистиллированная деаэрированная вода»:

1 — без защиты поверхности; 2 — метод защиты [2]; 3 — предложенный метод защиты

Для сравнения защитных свойств оксидных пленок, предназначенных для защиты поверхности нержавеющей стали от коррозии при ее контакте с водой, были проведены исследования шести двухфазных термосифонов (ДТС) с подготовленной внутренней поверхностью: трех по методике [2] и трех по предложенному методу. В качестве контрольных служили ДТС, поверхность которых не была защищена. Материал корпусов исследуемых ДТС — аустенитная нержавеющая сталь 12X18Н10Т. Геометрические параметры ДТС: длина 350 мм, наружный диаметр 12 мм, толщина стенки 1 мм, длина зоны нагрева 100 мм, длина зоны конденсации 150 мм. Теплоноситель — дистиллированная деаэрированная вода. Эксперименты проводились при рабочей температуре 154±2°C в течение 8635 ч непрерывного функционирования при подводимом тепловом потоке 20 Вт. О наличии коррозионного процесса свидетельствовало изменение среднего перепада температуры  $\Delta t$  по длине ДТС во времени.

Экспериментальные данные, приведенные на рисунке, показывают, что для ДТС, защищенных по предложенному методу, на протяжении всего времени исследований  $\tau$  перепад температуры  $\Delta t$  меньше, чем для контрольных ДТС и для ДТС, защищенных по методу [2].

Таким образом, полученные экспериментальные данные показали зависимость интенсивности коррозионного процесса в устройствах ИКТ из стали 12X18Н10Т с водой в качестве теплоносителя от метода подготовки внутренней поверхности. Хотя обеспечить полное прекращение процесса коррозии не удалось, все же можно сделать вывод об удовлетворительной эффективности предложенного метода для данного сочетания материала корпуса ИКС и теплоносителя.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Минкович Е.Н., Шнырев А.Д. Влияние физико-химических процессов на интенсивность газовыделения в тепловых трубах // Инженерно-физический журнал.—1979.— Т. 37, № 2.— С. 311—315.
2. Глазунова В.К., Вавилов А.Г., Губина Р.Г. Очистка и антикоррозионная защита элементов низкотемпературных тепловых труб // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Тепловые режимы, термостатирование и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры».—1976.— Вып. 3(26).— С. 109—112.

A. N. Gershuni, A. I. Rudenko, A. P. Nishchik

#### Ensuring compatibility of the stainless steel / water combination in evaporation-condensation heat transfer systems for cooling electronic equipment

*The authors propose a rather effective method for protecting the surface of evaporation-condensation systems during their long-term operation when using stainless steel as the material of the casing and water as a heat carrier. The method involves vacuum surface annealing followed by thermal oxidation in air.*

*Keywords: evaporation-condensation cooling systems, compatibility of stainless steel with water, surface protection.*