

УДК 541.135+620.193

КОРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТИТАНА ВТ1-0 И ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ23 В ВОДНО-ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВОЙ СМЕСИ

© 2003 Н.А.Базелева, В.Д.Калугин

Методами гравиметрии, pH-метрии, потенциометрии и вольтамперометрии исследованы особенности коррозионно-электрохимического поведения титана ВТ1-0 и титанового сплава ВТ23 в 11.8 моль/ л водном растворе этиленгликоля. Установлено ускоряющее действие добавок щавелевой кислоты на коррозию титана, связанное с комплексообразованием. Высказаны представления о механизме коррозии титана и его сплавов в водно-этанолево-гликолевой среде, как сложном многостадийном процессе.

Титан и его сплавы являются основными конструкционными материалами, из которых изготавливают высоконадежные теплообменники для жидкостного охлаждения радиоэлектронной аппаратуры. В качестве теплоносителя в теплообменной аппаратуре обычно используется 11.8 моль/ л водный раствор этиленгликоля.

Актуальность данного исследования определяется тем, что в процессе эксплуатации в Ti-содержащих конструкциях теплообменников, на их внутренних поверхностях со временем накапливаются продукты коррозии, существенно снижающие (за счет низкой теплопроводности) скорость теплопередачи, и, следовательно, приводящие к нарушению режима нормального технологического функционирования охлаждающих трактов радиолокационных станций (РЛС). Поэтому целью настоящей работы являлось исследование особенностей коррозионно-электрохимического поведения титановых материалов (титан марки ВТ1-0 и сплав ВТ23) в 11.8 моль/ л водном растворе этиленгликоля (ЭГ) и влияния на них электрохимические характеристики добавок щавелевой кислоты – продукта естественного окисления этиленгликоля. На основе этих результатов могут быть высказаны представления о механизме коррозионного процесса в исследованной системе и рекомендации по управлению скоростью процесса коррозионного разрушения металла в трактах теплообменной аппаратуры.

Методики исследований

В исследовании кинетики и механизма процесса коррозии на титане и титановом сплаве применяли гравиметрический метод для определения общей коррозии образцов и электрохимические методы (потенциометрия, вольтамперометрия, pH-метрия).

При проведении коррозионных испытаний с использованием гравиметрического метода подготовленные образцы с размерами (60×40×0.15) мм помещали в кварцевые сосуды, заполненные водным раствором ЭГ, и выдерживали в жидкостном термостате при заданной температуре в условиях контакта теплоносителя с атмосферой. Через определенные промежутки времени образцы извлекали из растворов, промывали, сушили, выдерживали в экскаторе до постоянного веса и взвешивали. Погрешность взвешивания составляла 0.0002 г.

Общую скорость коррозии определяли по изменению массы образцов во времени и рассчитывали как отношение разности масс до и после коррозионных испытаний к площади поверхности образца – $\Delta m/S$. Электродные потенциалы титановых материалов (ЭДС электрохимических цепей) измеряли с помощью универсального вольтметра-электрометра В7-30. Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод.

Кислотность растворов до и после коррозионных испытаний определяли с помощью рН-метра рН-261 при температуре (25±2)°C Измерения проводили с помощью цепи, включающей стеклянный электрод.

Вольтамперометрические измерения проводили на торце проволочных образцов, армированных во фторопласт, в трехэлектродной ячейке со вспомогательным платиновым электродом, на потенциостате П-5827. Поляризационные кривые снимали в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 6.6 мВ/ с. Потенциалы электро-

дов измеряли относительно хлорсеребряного электрода и приводили к значениям в шкале потенциалов относительно нормального водородного электрода.

Обсуждение результатов эксперимента

Зависимости величины $\Delta m/S$ от времени τ в 11.8 моль/л водном растворе этиленгликоля, приведенные на рис.1, показывают, что процесс коррозии титана BT1-0 и сплава BT23 проходит в две стадии. Первая стадия характеризуется увеличением массы образцов за счет продуктов коррозии, вторая – относительной стабилизацией значений массы образцов. Поскольку аналитически в растворах этиленгликоля после коррозионных испытаний продукты коррозии титана не обнаружены, то можно предположить, что они сосредоточены на поверхности образцов и их невозможно удалить даже при предварительном выдерживании образцов в стандартных растворах для коррозионных испытаний (1-5%-ный раствор HCl). Учитывая это, можно заключить, что увеличение массы образцов происходит за счет образования на их поверхности достаточно прочных пленок из продуктов коррозии, которые, экранируя металл от деполяризаторов коррозионной среды, защищают его от окисления и в дальнейшем тормозят коррозионный процесс.

Высказанные предположения о коррозии подтверждаются результатами определения электродных потенциалов титана и его сплава в среде вода – этиленгликоль. Электродные потенциалы титановых материалов – E (рис.2) в начале коррозии (первые 10-20 часов) с большой скоростью смещаются в область положительных значений и затем стабилизируются. При температуре 20°C стационарные потенциалы титана BT1-0 составляют 0.3 и 0.32 В, а при температуре 80 °C – 0.42 и 0.426 В, соответственно. Представленные на рис.2 зависимости потенциала (E) от времени и кинетические кривые $\Delta m/S - \tau$ (рис.1) характеризуют явление перехода титановых материалов в процессе коррозии в пассивное состояние.

Необходимо отметить, что результаты потенциометрии и гравиметрии не позволяют выяснить, почему на первом этапе коррозионного разрушения (длительностью до 300 часов) величина $\Delta m/S$ рачет еще практически линейно (рис.1), а электродные потенциалы (рис.2) стабилизируются уже через 20-30 часов от начала измерений. Логично предположить, что стабилизация величин $\Delta m/S$ и E во времени должны осуществляться синхронно. Даже при обработке результатов, представленных на рис.1, в координатах "скорость ($V = \Delta m/(S \cdot \tau)$) – время (τ)", когда зависимости $V - \tau$ представляют собой кривые с максимумом при временах стабилизации $\Delta m/S$, сопоставление времен стабилизации E и изменения V показывает, что стабилизация величин E наблюдается на восходящей ветви $V - \tau$ еще задолго до достижения максимума скорости (или постоянства величины $\Delta m/S$). Несовпадение времен стабилизации величин V и E показывает, что для исследования изменений коррозионного поведения титановых материалов и свойств (состава) коррозионной среды необходимо использовать более чувствительные физико-химические методы, например, линейную вольт-амперометрию, для более точного фиксирования концентрационных и фазовых изменений на электроде и в растворе.

Поляризационные кривые титана BT1-0 и титанового сплава BT23 однотипны (рис.3) и свидетельствуют о протекании на поверхности образцов в водном растворе этиленгликоля нескольких катодных процессов, природа которых требует анализа. Обработка катодных $i - E$ зависимостей методом касательных показывает наличие двух предельных токов. Природа первого – $i_{\text{пред}}^1$ – связана, скорее всего, с восстановлением адсорбированного кислорода и оксидов титана ($\text{TiO}_2 \rightarrow \text{Ti}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{TiO}$), а второго – $i_{\text{пред}}^2$ – с восстановлением протонированных молекул этиленгликоля (до $(\text{CH}_2\text{OH})_2\text{H}^+$) и протонированного продукта присоединения к молекуле этиленгликоля молекулы воды (до $(\text{CH}_2\text{OH})_2\text{H}_3\text{O}^+$). В области $E = -0.8 \div -0.85$ В происходит разряд молекул H_2O до H_2 . Из рисунка 3 также видно, что с увеличением температуры растворов от 20 до 80°C значения $i_{\text{пред}}^1$ и $i_{\text{пред}}^2$ возрастают в 2-5 раз, что обусловлено как увеличением скорости окислительных процессов с участием титана, так и уменьшением вязкости раствора (\approx в 6 раз), а также с увеличением коэффициентов диффузии молекуллярного кислорода и протонированных моле-

кул растворителя [1]. При потенциалах $-0.4 \div -0.5$ В (в области $i_{\text{пред}}^2$) происходит восстановление протонированных ассоциатов этиленгликоля с водой до водорода; перенапряжение этого процесса уменьшается с повышением температуры.

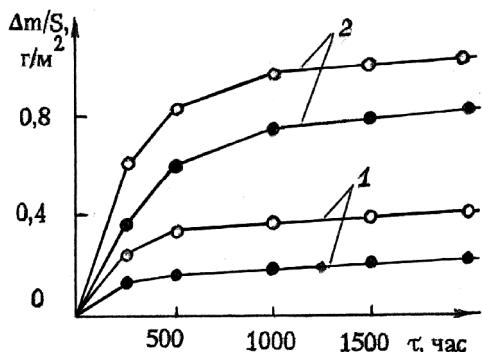


Рис.1. Зависимость удельного увеличения массы ($\Delta m/S$) титана BT1-0 и титанового сплава BT23 от времени испытаний в 11.8 моль/л растворе этиленгликоля: • – титан BT1-0; о – титановый сплав BT23; 1 – 20 °C; 2 – 80 °C.

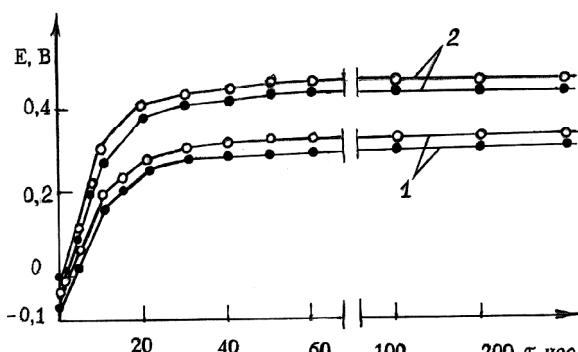


Рис.2. Изменение во времени электродных потенциалов титана BT1-0 и титанового сплава BT23 в 11.8 моль/л растворе этиленгликоля: • – титан BT1-0; о – титановый сплав BT23; 1 – 20 °C; 2 – 80 °C.

На анодных кривых (рис.3) отсутствует область активного растворения и при изменении потенциалов от 0.2 до 1.0 В электроды находятся в пассивном состоянии, что обуславливает высокую коррозионную стойкость титановых материалов в водном растворе этиленгликоля. При достижении потенциалов электродов значения 1.0 В (20 °C) и 0.8 В (80 °C) анодный ток увеличивается вследствие протекания реакции окисления ассоциатов этиленгликоля с водой, сопровождающейся подкислением анолита.

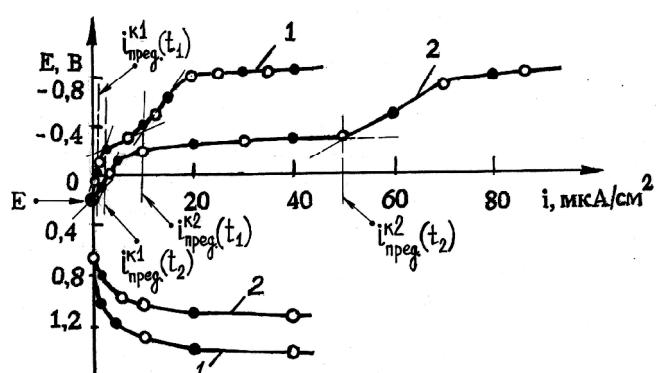


Рис.3. Катодные и анодные поляризационные кривые титана BT1-0 и титанового сплава BT23 в 11.8 моль/л водном растворе этиленгликоля: • – титан BT1-0; о – титановый сплав BT23; 1 – 20 °C; 2 – 80 °C; E – стационарный потенциал электрода (при $i=0$); $i_{\text{пред}}^{k1}(t_1)$ и $i_{\text{пред}}^{k2}(t_2)$ – при 20 °C, $i_{\text{пред}}^{k1}(t_1)$ и $i_{\text{пред}}^{k2}(t_2)$ – при 80 °C.

ем соответствующих оксидов) происходит интенсивное окисление компонентов коррозионной среды (ассоциатов ЭГ с H_2O) до кислот и O_2 , соответственно. Вполне закономерно, что с увеличением температуры растворов скорость окисления дополнительно также возрастает; образуется большее количество H^+ -содержащих продуктов, поэтому значение

С учетом сказанного выше, информация об изменениях кислотности коррозионной среды может существенно уточнить наши представления о природе полуреакций суммарного коррозионно-электрохимического процесса. Как показали наши исследования, в коррозионных средах на основе 11.8 моль/л водного раствора ЭГ в присутствии титановых сплавов (как и в системах, содержащих алюминиевые сплавы или медь [1,2]), наблюдается уменьшение величины pH растворов во времени (рис.4). Снижение значений $pH_{\text{инстр}}$, то есть подкисление растворов в течение коррозионных испытаний, может однозначно свидетельствовать, что на анодных участках гальванокоррозионно-электрохимических элементов кроме окисления $Ti^0 \rightarrow Ti^{2+} \rightarrow Ti^{4+}$ (с образованием

$pH_{инстр}$ снижается примерно на единицу (рис.4). В системах титан (или его сплав) – 11.8 моль/л водный раствор ЭГ значения $pH_{инстр}$ имеют более стабильный характер по сравнению с системами, содержащими медь или алюминиевые сплавы. Стабильность величины pH растворов во времени может быть обусловлена образованием на металле химически стойких продуктов коррозии (окисления), которые не подвержены гидролизу в коррозионной среде.

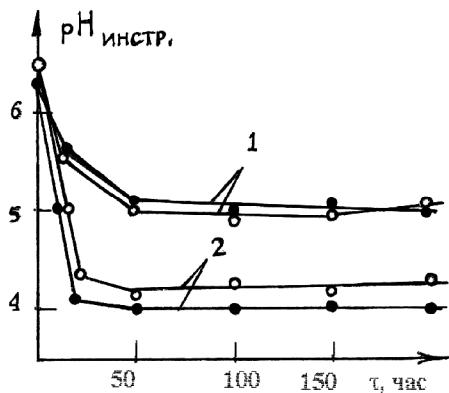


Рис.4. Изменение показателя кислотности ($pH_{инстр}$) 11.8 моль/л водного раствора этиленгликоля во времени (τ) при различных температурах:
• – титан BT1-0; о – титановый сплав BT23; 1 – 20 °C; 2 – 80 °C.

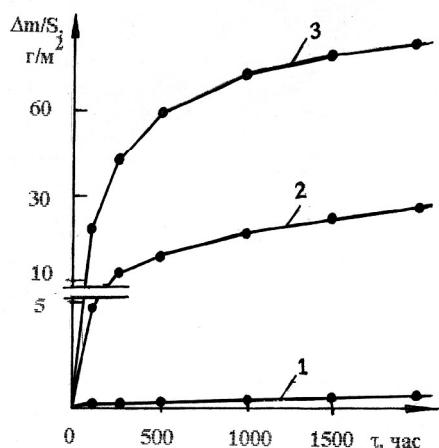


Рис.5. Зависимость удельных коррозионных потерь ($\Delta m/S$) титана BT1-0 от времени (τ) в 11.8 моль/л водном растворе этиленгликоля, содержащем добавку щавелевой кислоты (12.0 моль/л), при различных температурах: 1 – 20 °C; 2 – 50 °C; 3 – 80 °C.

дистиллированной водой обусловлена уменьшением диссоциации щавелевой кислоты в растворе этиленгликоля, имеющего меньшую диэлектрическую проницаемость и большую вязкость по сравнению с водой [7].

Для выяснения механизма влияния щавелевой кислоты на коррозию титана BT1-0 проведено электрохимическое исследование (потенциометрия и вольтамперометрия) в растворных системах двух типов: вода – щавелевая кислота и вода – этиленгликоль – щавелевая кислота. Результаты потенциометрии: стационарные потенциалы (E) титана BT1-0 приведены в таблице 1, из данных которой следует, что в воде с увеличением концентра-

ции $H_2C_2O_4$ и температуры значения E смещаются в область более положительных величин. В водном растворе ЭГ влияние концентрации $H_2C_2O_4$ и температуры более сложное, но величины E превышают, в основном, таковые для смесей $H_2O - H_2C_2O_4$, что свидетельствует о более интенсивной пассивации титана в смесях ЭГ – H_2O .

Таблица 1. Стационарные потенциалы (E , В) титана BT1-0 в воде и 11.8 моль/ л водном растворе ЭГ в зависимости от концентрации щавелевой кислоты и температуры

Сре- да	Концентрация $H_2C_2O_4$, моль/ л											
	0			0.12			1.2			12.0		
	20°C	50°C	80°C	20°C	50°C	80°C	20°C	50°C	80°C	20°C	50°C	80°C
H_2O	0.27 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.34 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.39 ± 0.015	0.44 ± 0.015	0.43 ± 0.015	0.47 ± 0.015	0.37 ± 0.015
вод- ный р-р ЭГ	0.31 ± 0.01	0.33 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.33 ± 0.01	0.35 ± 0.01	0.42 ± 0.015	0.42 ± 0.015	0.39 ± 0.015	0.37 ± 0.015	0.44 ± 0.015

Катодные поляризационные кривые для титана BT1-0 приведены на рис.6, из которого следует, что в обоих типах сред катодная поляризация титана уменьшается с увеличением температуры и концентрации щавелевой кислоты. При этом перенапряжение катодных реакций систематически больше в 11.8 моль/ л водном растворе этиленгликоля, чем в воде. На катодных кривых присутствуют площадки i_{pred}^1 и отсутствуют площадки i_{pred}^2 в отличие от кривых на рис.3 (площадки i_{pred}^2 для растворных систем на рис.6 фиксируются при $i_k \approx 200$ мА/ см²). Смещение величин i_{pred}^2 в область более высоких значений связано с тем, что в присутствии $H_2C_2O_4$ происходит более интенсивное протонирование молекул ЭГ, предельная скорость восстановления которых достигается при значительно более высоких значениях i_k .

Представленные экспериментальные данные позволяют сделать заключение о том, что в исследованных растворах ЭГ⁺ H_2O с добавками $H_2C_2O_4$ катодный процесс протекает постадийно и включает реакции восстановления молекул кислорода, поверхностных оксидов титана, ионов водорода, протонированных молекул ЭГ и молекул воды. Основные отличия водного раствора ЭГ от воды заключаются в его большей вязкости, несколько меньшей величине кислотности и существенно меньшей (примерно в два раза) концентрации растворенного кислорода [1]. Поскольку вязкость водного раствора ЭГ выше, чем воды, то все катодные реакции в водно-этиленгликолевой среде протекают с большим перенапряжением (рис.6). Повышение температуры и связанное с ним уменьшение вязкости растворов приводит к уменьшению перенапряжения восстановления как процессов $TiO_2 \rightarrow Ti_2O_3 \rightarrow TiO$; $O_2 \rightarrow OH^-$ и $C_2H_4(OH)_2H^+ \rightarrow (CH_2OH)_2 + ?H_2$, так и $2H_3O^+(2H_2O) \rightarrow H_2$.

Анодные кривые (рис.7), стрелками показаны значения потенциалов, соответствующие началу анодного процесса) получены смещением потенциала титанового электрода из катодной области в анодную. Из анодных кривых видно, что при температуре 20 °C и концентрации $H_2C_2O_4$ 0.12, 1.2 и 12.0 моль/ л в дистиллированной воде и 11.8 моль/ л водном растворе ЭГ характер кривых однотипен. Начиная с потенциалов, соответствующих плотности тока (i), равной 0, вплоть до потенциалов, равных 1.2 В, анодные предельные токи в интервале температур 20-80°C изменяются от 0 до 210 мА/ см². Интересно установить природу этих предельных токов на аноде в растворах $H_2O + H_2C_2O_4$ и $C_2H_4(OH)_2 + H_2O + H_2C_2O_4$. Из кривых видно, что значения i_{pred} очень малы (в воде – 0.08-0.2 мА/ см², а в растворах ЭГ – 0.001-0.02 мА/ см²). Но такие малые величины i_{pred} уже говорят об ионизации титана в указанной области анодных потенциалов с увеличением концентрации щавелевой кислоты и температуры.

Коррозионно-электрохимическое поведение титана BT1-0 и титанового сплава BT23
в водно-этиленгликолевой смеси

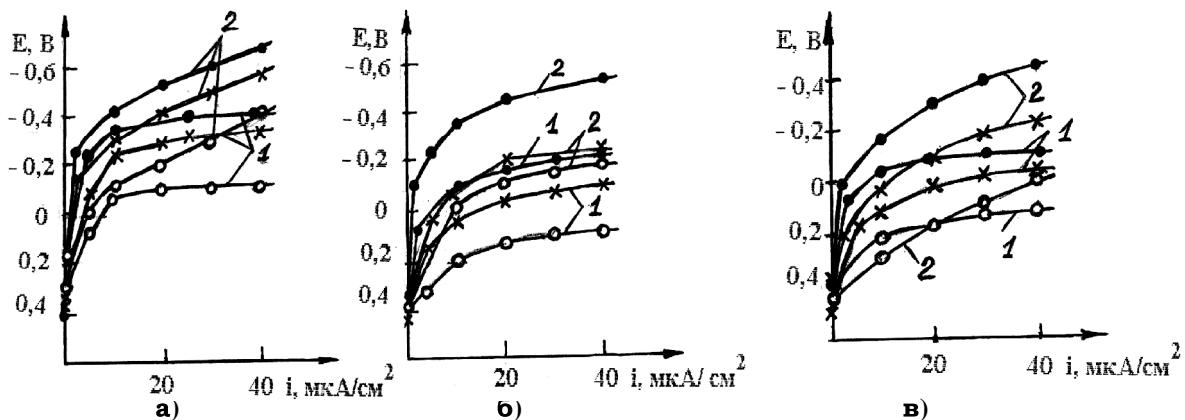


Рис.6. Катодные поляризационные кривые на титане BT1-0 в воде и 11.8 моль/л водном растворе этиленгликоля, содержащих добавки щавелевой кислоты, c ($H_2C_2O_4$), моль/л: а) 0.12 ; б) 1.2; в) 12.0.

Обозначения: 1 – H_2O ; 2 – 11.8 моль/л водный раствор этиленгликоля; • – 20 °C; x – 50 °C; o – 80 °C.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что с увеличением концентрации $H_2C_2O_4$ и температуры изменяется характер анодных поляризационных кривых в обоих типах растворов. При этом им присущи общие признаки: после достижения стационарного потенциала титанового электрода происходит увеличение анодного тока, обусловленное ионизацией титана. Дальнейший сдвиг потенциала в анодную область в режиме предельного тока вызывает стабилизацию анодного тока и переход электрода в пассивное состояние (до $E = 0.8-1.2$ В).

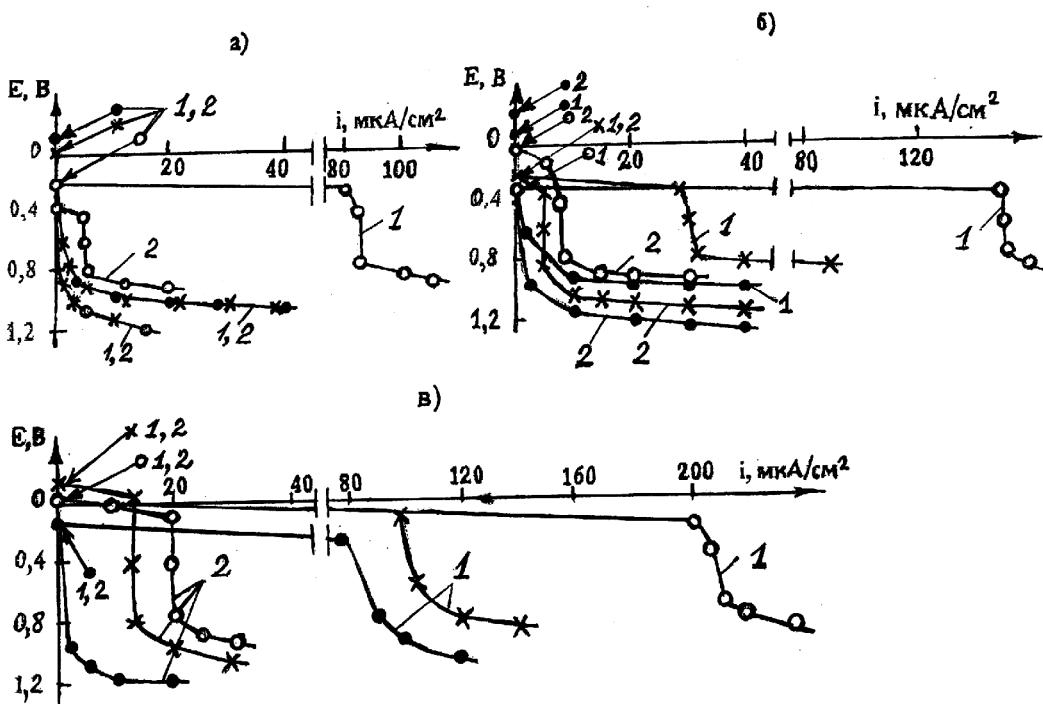


Рис.7. Анодные поляризационные кривые на титане BT1-0 в воде и 11.8 моль/л водном растворе этиленгликоля, содержащих добавки щавелевой кислоты, c ($H_2C_2O_4$), моль/л: а) 0.12 ; б) 1.2; в) 12.0.

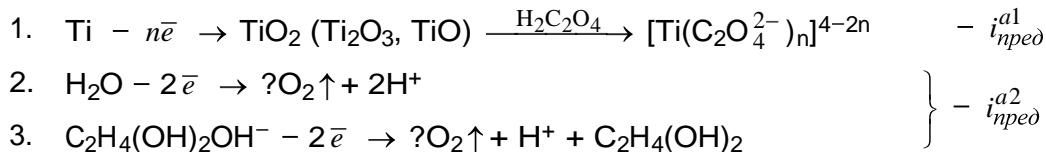
Обозначения: 1 – H_2O ; 2 – 11.8 моль/л водный раствор этиленгликоля; • – 20 °C; x – 50 °C; o – 80 °C.

Величины токов растворения в пассивном состоянии, то есть значения $i_{\text{пред}}$ в обоих типах сред зависят от температуры и концентрации $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Как уже было показано выше, токи растворения титанового электрода в воде в 5-10 раз больше, чем в водном растворе ЭГ. Влияние этиленгликоля на уменьшение токов растворения и пассивации, по-видимому, связано с особенностями процессов, протекающих в смешанных коррозионных средах. При переходе от коррозионной системы $\text{Ti} | (\text{nH}_2\text{O} - 2(\text{n+m}_1)\text{H}^+ - \text{nOH}^- - \text{m}_1\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ к системе на основе смешанного растворителя $\text{Ti} | (\text{nH}_2\text{O} - \text{m}_2\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2 - 2(\text{n+m}_1)\text{H}^+ - \text{nOH}^- - \text{m}_1\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$ в последней протекают процессы пересольватации ионов H^+ и OH^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ и образования ассоциатов типа $\text{H}_2\text{O}\cdot\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$. Преимущественно сольватация происходит тем компонентом, у которого более высокая диэлектрическая проницаемость или больший дипольный момент [8]. Поэтому в водно-этапенгликоловой среде процесс растворения металла протекает с участием молекул воды и ассоциатов ЭГ. При этом молекулы этиленгликоля конкурируют с молекулами воды за адсорбционное место и этиленгликоль выступает в роли ингибитора, что обуславливает уменьшение токов растворения и пассивации в водно-этапенгликоловом растворе по сравнению с водой (рис.7).

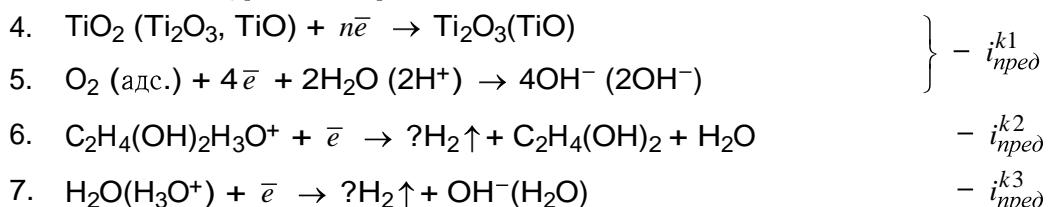
Процесс активного растворения титанового электрода при потенциалах до $i_{\text{пред}}$ с увеличением концентрации щавелевой кислоты и температуры катализируется комплексами, которые образуют катионы титана с $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ -ионами. По-видимому титан переходит в раствор в виде ионов $[\text{Ti}(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})_n]^{2-2n}$ и $[\text{Ti}(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})_n]^{4-2n}$ [4]. На протекание реакций комплексообразования в процессе коррозии указывает изменение окраски растворов, которая переходит из бесцветной в фиолетовую, характерную для оксалатных комплексов титана.

С учетом результатов электрохимического моделирования (методом вольтамперометрии) катодно-анодных реакций процесса коррозии титана в системе $\text{H}_2\text{O} - \text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ с добавками и без добавок щавелевой кислоты (рис.3,6,7) и фактов подкисления растворов в процессе коррозии (рис.4) общий коррозионный процесс представляется как совокупность анодно-катодных (окислительно-восстановительных) стадий, осуществляющихся на поверхности металла в результате функционирования гальвано-коррозионно-электрохимических короткозамкнутых элементов.

Анодные полуреакции осуществляются согласно следующим схемам:



Катодные полуреакции протекают по схемам:



($i_{\text{пред}}^{k3}$ в экспериментах (рис.3,7,8) не достигается).

Результаты исследований электрохимического поведения титана в водном растворе этиленгликоля с добавками щавелевой кислоты хорошо согласуются с данными коррозионных исследований, проведенных в [6], поэтому позволяют распространить изложенные представления о механизме влияния компонент коррозионной среды, добавок щавелевой кислоты и температуры на коррозию титановых материалов.

Коррозионно-электрохимическое поведение титана BT1-0 и титанового сплава BT23 в водно-этаноликоловой смеси

Необходимым дополнением к сказанному являются предложения по защите титана и титановых сплавов от губительного разрушения их структуры в процессе коррозии в охлаждающих смесях. Анализ экспериментальных результатов показал, что скорость коррозии титановых материалов снижается при увеличении концентрации ЭГ, проявляющего эффект торможения коррозии, при понижении температуры теплоносителя и снижении уровня кислотности теплоносителя (при поддержании значения $pH_{инстр}$ на уровне около 7.0). Безусловно, достаточно эффективным приемом снижения скорости коррозии титановых материалов (и других материалов!) является введение эффективных ингибиторов в коррозионную среду, но постановка такого рода задачи является уже предметом другого специального исследования, хотя и в данной работе об этом также говорилось (о ингибирующей способности ЭГ).

Выводы

1. Гравиметрическими и электрохимическими измерениями установлено, что в 11.8 моль/ л водном растворе этиленгликоля титан BT1-0 и титановый сплав BT23 в процессе коррозионного взаимодействия пассивируются, что обуславливает их высокую коррозионную устойчивость.

2. Высказаны представления о стадийном характере анодных и катодных полуреакций общего коррозионного процесса на BT1-0 и BT23 в 11.8 моль/ л водном растворе ЭГ.

3. Показано, что при введении в водный раствор ЭГ добавок щавелевой кислоты коррозионный процесс интенсифицируется при концентрации $H_2C_2O_4 \geq 1.2$ моль/ л и температуре $\geq 50^{\circ}C$, что обусловлено протеканием процесса комплексообразования Ti^{3+} и Ti^{4+} - содержащих продуктов коррозии с оксалат-ионами.

4. Установлено, что в 11.8 моль/ л водном растворе ЭГ с добавками щавелевой кислоты анодные токи растворения титана в 5-10 раз меньше, чем в воде. Подавление коррозии объяснено проявлением эффекта ингибирующего действия ЭГ на анодные и катодные полуреакции коррозионного разрушения титана и его сплавов.

5. Результаты исследования коррозионно-электрохимического поведения титана в растворах с добавками щавелевой кислоты показали возможность проведения коррозионных испытаний в форсированных режимах со значительной экономией времени.

6. Изложены предложения об управлении скоростью коррозионного разрушения титановых материалов в растворах воды – этиленгликоль, которые могут быть использованы при решении вопросов продления ресурса работы охлаждающих трактов РЛС и других устройств.

Литература

1. Базелева Н.А. Закономерности коррозии меди М1 в водно-этаноликоловых средах. Вестник Харьковского национального университета. 2000. №477. Химия. Вып.5(28). С.121-131.
2. Базелева Н.А. Закономерности коррозии алюминиевых сплавов в водно-этаноликоловых средах. Вестник Харьковского национального университета. 2000. №495. Химия. Вып.6(29). С.119 -128.
3. Базелева Н.А. Защита от коррозии гидравлических трактов систем жидкостного охлаждения радиоэлектронной аппаратуры методом ионообменной очистки водно-органического теплоносителя: Автореф. канд. дисс. М.: МИХМ. 1985. 16 с.
4. Плетнев М.А., Легенченко И.А., Базелева Н.А. Исследование процессов превращения водного раствора этиленгликоля, контактирующего с конструкционными металлами. Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО. 1984. Вып.3. С.29-32.
5. Томашов Н.Д., Чернова Т.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы. М.: Металлургия, 1986. 359 с.
6. Базелева Н.А. Ускорение коррозии титановых сплавов повышением коррозионной активности водно-этаноликолового теплоносителя. Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры. 2001. №1. С.76-80.
7. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высшая школа, 1984. 518 с.
8. Цинман А.И., Писчик Л.М., Маковей Г.Л. Коррозионно-электрохимическое поведение титана в органических жидкостях. Электрохимия. 1975. Т.11. Вып.11. С.1705-1709.

Поступила в редакцию 13 ноября 2003 г.

Kharkov University Bulletin. 2003. №596. Chemical Series. Issue 10(33). N.A.Baseleva, V.D.Kalugin. Rust formation and electrochemical behaviour of Ti BT 1-0 and Ti alloy BT 23 in water-ethyleneglycol mixture.

Some characteristic properties of rust formation and electrochemical behaviour of Ti BT-0 and Ti alloy BT 23 in 11.8 mole/ l aqueous ethyleneglycol solution have been researched by methods of gravimetry, pH-metry, potentiometry and voltammetry. Promotive reaction of additions of vinegar acid on Ti rust formation connected with system formation was determined. Some thoughts about mechanism of Ti rust formation and its alloys in aqueous-ethyleneglycol conditions as a complex and multi phase process were sentenced.