

Н. Н. Ускова, Д. Б. Шахнин, А. И. Габ, В. В. Малышев, Бинг Ли*

ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАН ИЗ ВОЛЬФРАМАТНО-ПИРОСУЛЬФАТНЫХ РАСПЛАВОВ

Рассмотрена возможность повышения коррозионной стойкости титана посредством нанесения гальванопокрытий вольфрама из расплавов. Методами потенциометрии, вольтамперометрии, потенцио- и гальваностатического электролиза изучено электрохимическое поведение вольфраматно-пиросульфатных расплавов. Показано, что в расплаве $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ можно реализовать многоэлектронные равновесия и процессы с участием дивольфрамат-ионов. Гальваническое покрытие вольфрамом титана переводит титан в пассивное состояние и уменьшает скорость его коррозии в H_2SO_4 (9,5 м. д.) при 70—80 °С в 2000—4000 раз. Анодное и катодное поведение образцов титана с покрытием из вольфрама определяется электрохимическими свойствами вольфрама. Эффективность катодного процесса на покрытии выше, чем на самом вольфраме, что позволяет перевести титан в пассивное состояние и обеспечить электрохимическую защиту.

Ключевые слова: вольфрам, электролиз, расплав, покрытие, коррозия.

В связи с широким применением вольфрама в качестве компонента коррозионно-стойких сталей и сплавов, покрытий на различных материалах, для поверхностного модифицирования металлов значительно возрос интерес к изучению коррозионно-электрохимического поведения вольфрама в агрессивных средах. Для поверхностного модифицирования титана используют различные методы. Например, нанесение покрытий металлов платиновой группы повышает коррозионную стойкость титана в горячих растворах кислот на несколько порядков. Однако применение такого способа защиты ограничено стоимостью благородных металлов. В работах [1, 2] показана перспективность легирования титана молибденом, но для достижения высокой коррозионной стойкости уровень легирования должен быть не ниже 20—25%. Он успешно достигается, например, поверхностным легированием титановых образцов молибденом методом вакуумного напыления [3]. В работах [4—6] установлено, что метод высокотемпературного электрометаллургического синтеза (ВЭС) из ионных расплавов позволяет снизить температуру легирования титана молибденом, вольфрамом и их карбидами до 800—900 °С и существенно сократить продолжительность процесса. При этом коррозионная стойкость образцов сталей 3 и 45 в растворах хлорида натрия, горячих концентри-

* Н. Н. Ускова — кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института общей и неорганической химии им. В. И. Вернадского НАН Украины, Киев; Д. Б. Шахнин — кандидат химических наук, доцент Инженерно-технологического института Университета “Украина”, Киев; А. И. Габ — кандидат химических наук, доцент, там же; В. В. Малышев — доктор технических наук, профессор, директор, там же; Л. Бинг — кандидат наук, доцент Восточно-Китайского Университета науки и технологии.

рованных и разбавленных растворах соляной, серной и фосфорной кислот значительно возрастает.

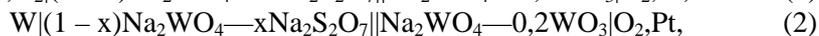
Возможность электроосаждения вольфрама из вольфраматных расплавов определяется регулированием их кислотно-основных свойств [4, 7—11]. Для изменения кислотно-основных свойств вольфраматного расплава ранее применялись различные акцепторы кислородных ионов: катионы щелочных и щелочно-земельных металлов, анионы PO_3^- , молекулы MoO_3 , WO_3 , CO_2 и V_2O_3 [4, 5]. Показано, что кислотно-основные свойства расплавов, содержащих эти акцепторы кислородных ионов, оказывают влияние на состав электрохимически активных частиц, протекание электродных процессов и состав катодных продуктов. Возможность электроосаждения различных типов структур катодных осадков из ионных расплавов показана в работах [12—15].

Цель настоящей работы — изучить влияние кислотной добавки пиросульфата натрия на образование электроактивных частиц в вольфраматном расплаве, состав и структуру катодных осадков, а также электрохимическое и коррозионное поведение титана с вольфрамовым покрытием, нанесенным методом ВЭС, в разбавленных растворах серной кислоты.

Как конструкционный материал вольфрам не нашел широкого промышленного применения по причине дефицитности, но он весьма важен как легирующий компонент при нанесении покрытий.

Методика исследования и материалы

Для определения изменения активностей компонентов в этом расплаве методом потенциометрии в равновесных условиях изучена ЭДС следующих ячеек:



где x — мольная доля $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ в этом расплаве. Методика потенциометрических исследований и устройство платинокислородного электрода сравнения описаны в работах [6, 7]. Электродвижущие силы цепей (1) и (2) измерялись в интервале концентраций пиросульфата натрия 0—10% (мол.). Исследования проводили в трехэлектродной кварцевой ячейке при температуре 1173 К. Методом исследования выбрана вольт-амперометрия с единичной и циклической развертками потенциала. Платиновый тигель служил анодом и контейнером для расплава. В качестве индикаторных электродов использовали серебряные и вольфрамовые проволоки диаметром 1 мм ($S = 0,3—0,4 \text{ см}^2$). Электродом сравнения выбран полуэлемент $\text{Na}_2\text{WO}_4 - 0,2\text{WO}_3 | \text{O}_2, \text{Pt}$. Анализ и оценку кинетических параметров электродного процесса проводили по теории стационарных и нестационарных электродных процессов [16, 17].

Гальваническое осаждение вольфрама на титановые образцы марки ВТ 1-0 осуществляли методом высокотемпературного электрохимического синтеза из расплава 85% (мол.) Na_2WO_4 —15% (мол.) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ при температуре 800—975 °С и катодной плотности тока 0,04—0,15 А/см² на воздухе. Максимальная толщина покрытия составила 500 мкм.

Результаты исследований и их обсуждение

Аналогично [5] система $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ изучена в равновесных и неравновесных условиях. Экспериментальные данные показали, что в исследуемом диапазоне концентраций пиросульфата натрия протекает реакция его взаимодействия с вольфраматом натрия с образованием в расплаве дивольфрамат-иона $\text{W}_2\text{O}_7^{2-}$. Сопоставление колебательных ИК-спектров и дифракционных рентгеновских спектров индивидуальных сплавов солей Na_2WO_4 , $\text{Na}_2\text{W}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ и смеси $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ подтверждает появление в вольфраматном расплаве дивольфрамат-ионов при добавлении в него пиросульфата натрия.

На графиках стационарных и нестационарных вольт-амперных зависимостей вольфраматного расплава, содержащего пиросульфат натрия, наблюдалась волна восстановления при потенциале $-(1,1\text{—}1,2)$ В (рис. 1). Величины предельных токов пропорциональны не общей концентрации вольфрама в расплаве, а концентрации прибавленного пиросульфата натрия. Процесс восстановления протекает в одну стадию. Увеличение скорости поляризации до 10 В/с не позволяет обнаружить стадийность процесса. Продуктом электролиза расплава при потенциале $-1,2$ В является металлический вольфрам.

Зависимость тока пика от концентрации пиросульфата натрия при различных скоростях поляризации носит прямо пропорциональный характер. Значения $i_p/V^{1/2}$ остаются практически постоянными в интервале

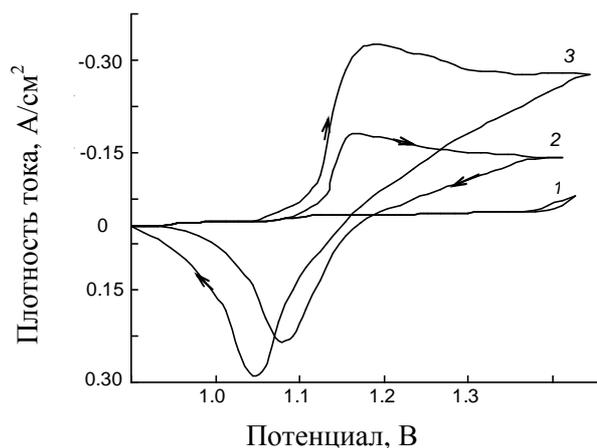


Рис. 1. Вольт-амперные зависимости вольфраматного расплава при $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7) \cdot 10^4$, равной 0 (1), 3 (2) или 22,5 моль/см³ (3) при $T = 1173$ К, катод — серебро, скорость поляризации 0,5 В/с

Fig. 1. Voltampere dependences of the tungstate melt at $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7) \cdot 10^4$, equal to 0 (1), 3 (2) or 22,5 (3) mol/cm³ at $T = 1173$ K, cathode — silver, polarization rate — 0,5 V/s

скоростей поляризации 0,05—2 В/с (рис. 2). Значение кинетической константы i_p/nFC для стационарных волн составляет $(0,74—0,91) \cdot 10^{-4}$ см/с и соизмеримо со значениями для диффузионной доставки реагирующих веществ к поверхности электрода. Пропорциональная зависимость $i_p—C$ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$), постоянство значений $i_p/V^{1/2}$ в широком диапазоне скоростей поляризации и значение i_p/nFC дают возможность сделать вывод о лимитировании электродного процесса диффузией электроактивных частиц к поверхности электрода и предложить электродную реакцию



Вольфраматно-пиросульфатный расплав был использован нами для электроосаждения вольфрамовых покрытий. Оптимальная концентрация $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ составляла 2,5—15,0% (мол.). При больших концентрациях сцепленное покрытие не образуется. Сплошные покрытия получают при температурах 800—975 °С и плотностях тока до 0,15 А/см². При температурах ниже 800 °С и плотностях тока выше 0,15 А/см² фиксируются порошковые осадки. Толщина покрытий на графите, меди, никеле, сталях достигает 150 мкм. Микротвердость покрытия составляет 3530—4119 МПа. Для успешного нанесения покрытия важным условием является то, что потенциал коррозии должен быть положительнее

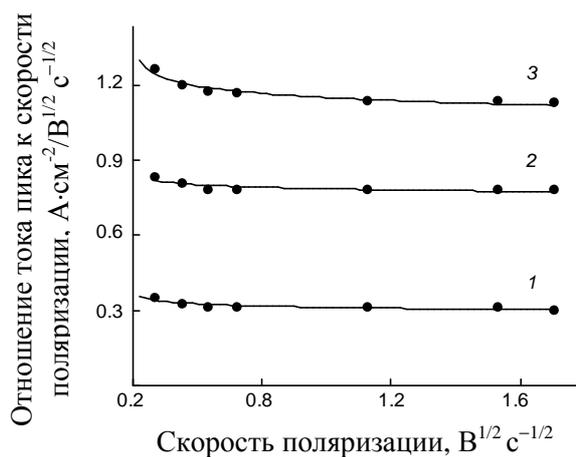


Рис. 2. Зависимости отношения тока пика к скорости поляризации от скорости поляризации для процесса электровосстановления вольфрамсодержащих анионов при C ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$)·10⁴: 6 (1); 24 (2); 30 моль/см³ (3) и $T = 1173$ К

Fig. 2. Dependences of the ratio of the peak current to the polarization rate on the polarization rate for the process of electroreduction of tungsten-containing anions at C ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$)·10⁴: 6 (1); 24 (2); 30 mol/cm³ (3) and $T = 1173$ K

потенциала осаждения вольфрама $(-1,0-1,3)$ В относительно платино-кислородного электрода сравнения $(O_2)Pt|Na_2WO_4-0,2WO_3$ в исследуемом расплаве). Поэтому для оценки выполнения указанного условия измеряли стационарные потенциалы титана в расплаве $Na_2WO_4-15\%$ (мол.) WO_3 . Стационарные потенциалы титана не устанавливались в течение длительного времени и скачкообразно изменялись. По-видимому, это вызвано растворением кислорода в поверхностном слое электрода. Изучение титановых образцов после потенциометрических исследований показало, что в слабо сцепленном поверхностном слое образцов присутствуют оксидные фазы. Методом рентгенофазового анализа поверхностного слоя обнаружены фазы Ti , TiO , TiO_2 .

Для получения сцепленных покрытий необходимо устранить оксидные фазы титана. Поэтому перед осаждением вольфрама на титан последний подвергали никелированию из водных растворов в соответствии с рекомендациями [18] или поверхностному азотированию в атмосфере нагретого до $600-700$ °С азота. Для нанесения никелевых покрытий на титан использовали следующие электролиты и условия: 1) $230-460$ г/л $Ni(BF_4)_2$ ($pH = 0,7-2,8$; $T = 298-353$ К; $i_k = 0,5-30$ А/дм²); 2) $250-350$ г/л $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, $5-6$ г/л NaF , $0,4-0,8$ г/л формальдегида ($pH = 5,8-6,0$; $T = 313-323$ К; $i_k = 3-5$ А/дм²). Электроосаждение осуществляли до толщины никелевого покрытия $20-30$ мкм. Для никеля при 900 °С стационарный потенциал в расплаве $Na_2WO_4-15\%$ (мол.) WO_3 относительно платинокислородного электрода сравнения составлял $(-0,85-0,91)$ В, что значительно положительнее потенциала осаждения вольфрама.

Микрофотография шлифа поперечного сечения азотированного титанового образца с вольфрамовым покрытием представлена на рис. 3. На сколах этих образцов (рис. 4) отсутствуют непокрытые участки. Фазовый анализ поверхностного слоя образцов после нанесения покрытий показал присутствие интенсивных линий вольфрама. Микротвердость вольфрама составляла $4,0-4,2$ ГПа. Микротвердость прилегающих к покрытию слоев подложки возросла, что свидетельствует о взаимной диффузии элементов покрытия и основы. Дополнительным доказательством наличия диффузионной зоны, обеспечивающей адгезию покрытия с основой, являются результаты анализа шлифов на рентгеновском микроанализаторе MS-46 "Самеса". Концентрационные кривые распределения титана и вольфрама аналогичны. Они плавно изменяются от максимума до минимума (фона) в противоположных направлениях, что указывает на наличие диффузионной зоны между покрытием и основой. Протяженность диффузионной зоны составляет $5-8$ мкм.

Коррозионные испытания образцов титана, вольфрама и титана с вольфрамовым покрытием проводили в растворе серной кислоты (9,5 м. д.) при $70-80$ °С, регистрируя во времени изменение потенциала и скорости коррозии (рис. 5). Скорость коррозии определяли фотокалориметрически (по количеству титана и вольфрама в растворе) [19]. Также изучали анодную и катодную поляризации титана, вольфрама и титана с вольфрамовым покрытием при скорости развертки 50 мВ/с (рис. 6). Все потенциалы пересчитаны относительно нормального водородного электрода.

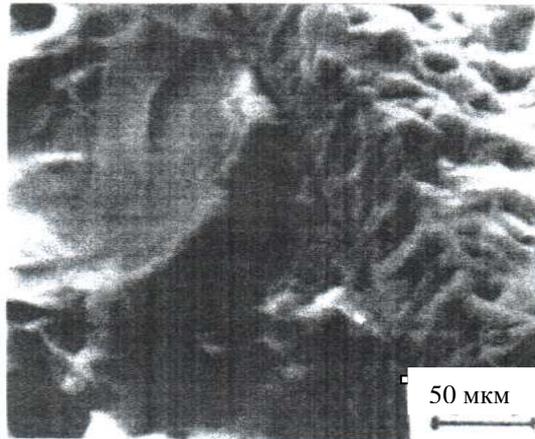


Рис. 3. Микрофотография шлифа поперечного сечения образца азотированного титана с гальванопокрытием вольфрама (x400). Катодная плотность тока при осаждении покрытия — $-0,06 \text{ A/cm}^2$, продолжительность осаждения — 1 ч

Fig. 3. Micrograph of the cross-section of the cross section of a sample of nitrided titanium with tungsten coating (x400). The cathode current density during coating deposition was — $-0,06 \text{ A/cm}^2$, the deposition time was — 1 h

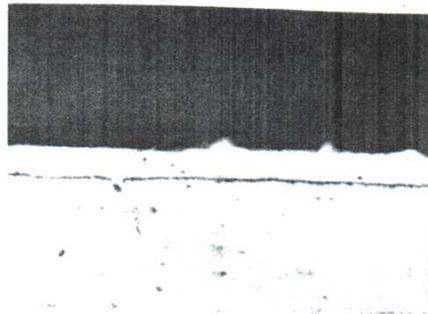


Рис. 4. Стереосканогамма скола образца титана с гальванопокрытием вольфрама (x800, x1600)

Fig. 4. Stereoscanogram of the titanium sample chip with the tungsten coating (x800, x1600)

Потенциал коррозии титана с покрытием вольфрама существенно возрастает с $-(0,59—0,61)$ В до $(0,26—0,31)$ В, переходя в пассивно-активную область титана (таблица), и всего лишь на $0,02—0,04$ В не достигая потенциала коррозии вольфрама. Фотокалориметрический анализ раствора проводили через 5, 10, 15 и 20 ч испытаний. Средняя скорость растворения титана, рассчитанная за эти промежутки времени, для образца с покрытием постоянна и составляет $0,005—0,01$ г/(м²·ч). Скорость растворения титана при потенциале свободной коррозии равнялась $19,1—19,3$ г/(м²·ч). В результате нанесения покрытия скорость растворения титана уменьшается в 2000—4000 раз. Скорость растворения титана без покрытия при потенциале, устанавливаемом на образцах с вольфрамовым покрытием ($0,30—0,31$ В), составляла $0,41—0,50$ г/(м²·ч) (рис. 5).

Средняя скорость коррозии вольфрамового покрытия с увеличением длительности коррозионных испытаний уменьшалась с $0,03—0,04$ в первые 5 ч до $0,007—0,011$ г/(м²·ч) через 20 ч. Подобное изменение средней скорости коррозии во времени также обнаружено при изучении коррозионно-электрохимических свойств вольфрама в растворах серной и соляной кислот различной концентрации в работах [18, 19].

Согласно кривым анодной поляризации (рис. 6), потенциал свободной коррозии титана в условиях эксперимента составляет $-(0,59—0,61)$ В. Он характеризуется областью активного растворения с относительно низким критическим потенциалом пассивации ($-(0,27—0,29)$ В) и большим критическим током ($10—100$ А/см²). Для образца вольфрама область активного растворения отсутствует, и он пассивен вплоть до потенциала перепассивации. Кривая анодной поляризации титана с вольфрамовым покрытием подобна кривой для вольфрамового образца и практически совпадает с ней при потенциале более $-0,8$ В. Потенциал образца с покрытием близок к потенциалу перепассивации вольфрама. Величина анодного тока в пассивной и транспассивной областях обусловлена в основном окислением вольфрама до оксидных соединений W(VI).

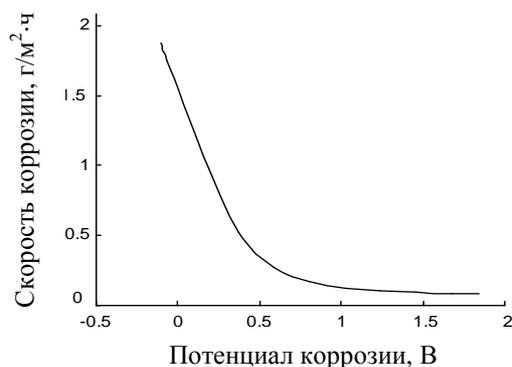


Рис. 5. Зависимость скорости коррозии титана от потенциала коррозии

Fig. 5. Dependence of the corrosion rate of titanium on the corrosion potential

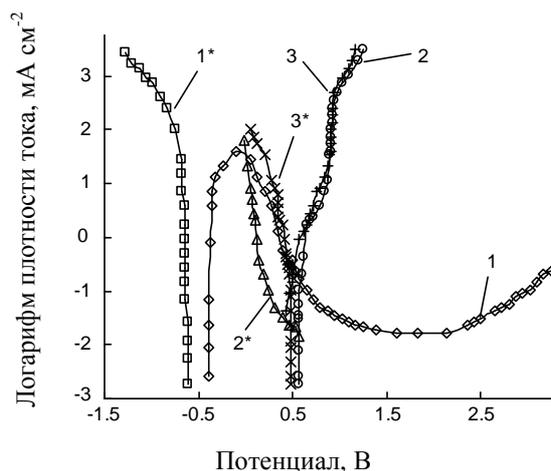


Рис. 6. Зависимости логарифма плотности тока от потенциала (В относительно н. в. э.) для анодной (1—3) и катодной (1*—3*) поляризации титана (1, 1*), вольфрама (2, 2*) и титана с вольфрамовым покрытием (3, 3*) в растворе серной кислоты (9,5 м. д.) при 75 °С. Скорость поляризации — 50 мВ/с

Fig. 6. Dependence of the logarithm of the current density on the potential (V versus normal hydrogen electrode) for the anode (1—3) and cathode (1*—3*) polarization of titanium (1, 1*), Tungsten (2, 2*) and titanium with a tungsten coating (3, 3*) in a solution of sulfuric acid (9,5 ppm) at 75 °C. The rate of polarization is 50 mV/s

Изменение потенциалов коррозии титана, вольфрама и титана с вольфрамовым покрытием во времени

Change of corrosion potentials of titanium, tungsten, and titanium with tungsten coating in time

Время, ч	Потенциал коррозии титана, В	Потенциал коррозии вольфрама, В	Потенциал коррозии титана с вольфрамовым покрытием, В
0	-0,58	0,33	0,30
5	-0,60	0,32	0,26
10	-0,63	0,31	0,22
15	-0,65	0,30	0,18
20	-0,67	0,29	0,14

Согласно катодным поляризационным кривым (рис. 6), плотности тока катодных процессов на вольфрамовом образце и титане с покрытием из него значительно выше, чем на непокрытом титане. Катодная кривая вольфрама пересекает анодную кривую практически в самом начале активно-пассивной области. Поэтому при соизмеримых площадях электродов вольфрамовое покрытие на титане не позволяет завершить пассивацию титанового анода. Катодная кривая вольфрамового покрытия пересекает анодную кривую титана в непосредственной близости от пассивной области. Поэтому покрытие как катод более эффективно.

Выводы

Исследование системы в равновесных и неравновесных условиях показало, что в расплаве $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ можно реализовать многоэлектронные равновесия и процессы с участием дивольфрамат-ионов. Гальваническое покрытие вольфрамом титана переводит титан в пассивное состояние и уменьшает скорость его коррозии в H_2SO_4 (9,5 м. д.) при 70—80 °С в 2000—4000 раз. Анодное и катодное поведение образцов титана с вольфрамовым покрытием определяется электрохимическими свойствами вольфрама. Эффективность катодного процесса на покрытии выше, чем на самом вольфраме, что позволяет перевести титан в пассивное состояние и обеспечить электрохимическую защиту.

РЕЗЮМЕ. Розглянуто можливість підвищення корозійної стійкості титану за допомогою нанесення гальванопокриття вольфраму з розплавів. Методами потенціометрії, вольтамперометрії, потенціо- і гальваностатичного електролізу вивчено електрохімічну поведінку вольфраматно-піросульфатних розплавів. Показано, що в розплаві $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ можна реалізувати багатоелектронні рівноваги і процеси за участю дивольфрамат-іонів. Гальванічне покриття вольфрамом титану переводить титан в пасивний стан і зменшує швидкість його корозії в H_2SO_4 (9,5 м. д.) при 70—80 °С в 2000—4000 разів. Анодна і катодна поведінка зразків титану з вольфрамовим покриттям визначається електрохімічними властивостями вольфраму. Ефективність катодного процесу на покритті вище, ніж на самому вольфрамі, що дозволяє перевести титан в пасивний стан і забезпечити електрохімічний захист.

Ключові слова: вольфрам, електроліз, розплав, покриття, корозія.

1. *Schiff N.* Influence of fluoride content and pH on the corrosion resistance of titanium and its alloys / [N. Schiff, B. Grosgeat, M. Lissac, F. Dalard] // *Biomaterials*. — 2002. — **23**, is. 9. — P. 1995—2002.
2. *Mabilleau G.* Influence of fluoride, hydrogen peroxide, and lactic acid on the corrosion resistance of commercially pure titanium / [G. Mabilleau, S. Bourdon, M. L. Joly-Guillou et al.] // *Acta Biomaterialia*. — 2006. — **2**, is. 1. — P. 121—129.
3. *Касаткин А. В.* Электрохимическое и коррозионное поведение титана с молибденовым покрытием, нанесенным методом вакуумного

- напыления / [А. В. Касаткин, Л. П. Корниенко, Г. П. Чернова, С. Г. Андрушин] // Защита металлов. — 1998. — **34**, № 1. — С. 21—25.
4. *Малишев В. В.* Високотемпературна електрохімія та електроосадження металів IV—VIA груп і їх сполук в іонних розплавах. — Київ : Вид-во Університету "Україна", 2004. — 326 с.
 5. *Ускова Н. Н.* Электрохимическое изучение расплавов вольфрамат натрия—пиросульфат натрия и осаждение из них вольфрамовых покрытий / [Н. Н. Ускова, С. Ю. Сарычев, В. Г. Глушаков, В. В. Малышев] // Расплавы. — 2005. — № 5. — С. 48—54.
 6. *Малышев В. В.* Механизмы электровосстановления и электроосаждение покрытий металлов VIA группы из ионных расплавов // Физико-химия поверхности и защита металлов. — 2009. — **45**, № 4. — С. 339—357.
 7. *Sadoway D. R.* The electrochemical processing of refractory metals // JOM. — 1991. — **43**, is. 7. — P. 15—19.
 8. *Metallurgical and Ceramic Protective Coatings* / Ed. by K. H. Stern-Chapman & Hall. — London, 1996. — 341 p. — ISBN 978-94-009-1501-5.
 9. *Abbott A. P.* Application of ionic liquids to the electrodeposition of metals / A. P. Abbott, K. J. McKenzie // Phys. Chem. — 2006. — **37**, is. 8. — P. 4265—4279.
 10. *Kuznetsov S. A.* Electrochemistry of refractory metals in molten salts: Application for the creation of new and functional materials // Pure Appl. Chem. — 2009. — **81**, No. 8. — P. 1423—1439.
 11. *Малышев В. В.* Термодинамическое обоснование и практическая реализация регулирования кислотно-основных взаимодействий в вольфраматных расплавах / [В. В. Малышев, В. В. Соловьев, Л. А. Черненко и др.] // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. — 2013. — № 2 (79). — С. 180—187.
 12. *Malyshev V.* Electrodeposition of different types of tungsten cathode deposits from ionic melts // Mater. Sci. — 2011. — **47**, No. 3. — P. 345—354.
 13. *Malyshev V.* Formation of cathode products of electrolysis of tungstate-molybdate melts // Ibid. — 2012. — **48**, No. 2. — P. 208—212.
 14. *Malyshev V.* Formation of cathode products of electrolysis of tungstate-molybdate melts / V. Malyshev, D. Shakhnin // Ibid. — 2012. — **48**, No. 3. — P. 375—383.
 15. *Малышев В. В.* Различные типы структур катодных осадков при электроосаждении вольфрама из ионных расплавов // Кристаллография. — 2013. — **58**, № 1. — С. 120—127.
 16. *Fundamentals of Electrochemistry*, 2nd ed. / Ed. by V. S. Bagotsky. — J. Wiley & Sons, New York, 2005. — 752 p. — ISBN: 978-0-471-70058-6
 17. *Bier A.* Electrochemistry Theory and Practice. — NACH Company, 2011. — 13 p.
 18. *Иванова Н. Д.* Гальванотехника. Фторсодержащие электролиты и растворы / Н. Д. Иванова, С. В. Иванов, Е. И. Болдырев. — К. : Наук. думка, 1993. — 445 с.

Поступила 17.10.16

Uskova N. N., Shakhnin D. B., Gab A. I., Malyshev V. V., Bing Lee

Electrodeposition of tungsten coatings on titanium from tungsten-pyrosulphate melts

The possibility of increasing the corrosion resistance of titanium by applying tungsten electroplating from melts is considered. The electrochemical behavior of tungstate-pyrosulphate melts has been studied by potentiometry, voltammetry, potentiostatic and galvanostatic electrolysis. It is shown that many-electron equilibria and processes involving di-tungstate ions can be realized in the melt $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$. The galvanic coating with tungsten titanium transforms titanium into a passive state and reduces the rate of its corrosion in H_2SO_4 (9,5 ppm) at 70—80 °C in 2000—4000 times. The anodic and cathodic behavior of titanium-coated samples with tungsten is determined by the electrochemical properties of tungsten. The efficiency of the cathodic process on the coating is higher than on the tungsten itself, which makes it possible to transfer the titanium into a passive state and provide electrochemical protection.

Keywords: *tungsten, electrolysis, melt, coating, corrosion.*