

3. Деслич А. П. // Электрохимия. Прошедшие тридцать лет и будущие тридцать лет / Под ред. Г. Блума и Ф. Гутмана. -М.: Химия, 1982. -С. 15.
4. Открытие 155 СССР / Ю. К. Делимарский, О. Г. Зарубицкий, В. Г. Будник. -Опубл. 30.06.75.
5. Pat. 2507096 USA. Cl. 204-66 / J. C. Ditter. -Publ. 09.05.50.
6. Делимарский Ю. К., Зарубицкий О. Г. // Укр. хим. журн. -1987. -53, № 1. -С. 940—944.
7. Зарубицкий О. Г., Захарченко Н. Ф. // Там же. -1980. -46, № 7. -С. 691—696.
8. Zarubitski O. G., Zakharchenko N. F. // Bull. Bismuth Institute (Bruxelles). -1978. -№ 21. -Р. 5—8.
9. Делимарский Ю. К., Городьский А. В., Зарубицкий О. Г. и др. // Электродные процессы в ионных расплавах. -Киев: Наук. думка, 1975. -С. 87—94.
10. Делимарский Ю. К., Зарубицкий О. Г. // Электролитическое рафинирование тяжелых цветных металлов в ионных расплавах. -М.: Металлургия, 1975. -С. 141—147.
11. Зарубицкий О. Г. // Очистка металлов в расплавах щелочей. -М.: Металлургия, 1981. -С. 56—88.
12. Делимарский Ю. К., Зарубицкий О. Г., Захарченко Н. Ф. и др. // Укр. хим. журн. -1989. -55, № 12. -С. 1277—1281.
13. Зарубицкий О. Г., Захарченко Н. Ф. // Там же. -1986. -52, № 6. -С. 615—619.
14. А. с. 807671 СССР, МКИ² С 25 В 1/02 / О. Г. Зарубицкий, Н. Ф. Захарченко, В. П. Сунегин и др. -Опубл. 20.10.80.
15. А. с. 811868 СССР, МКИ² С 25 В 1/04 / А. В. Городьский, В. А. Легасов, С. В. Волков и др. -Опубл. 06.11.80.
16. Зарубицкий О. Г. // Журн. прикл. хим. -1996. -68, № 5. -С. 718—726.
17. А. с. 1025184 СССР, МКИ³ С 25 В 1/02 / О. Г. Зарубицкий, В. А. Легасов, А. В. Городьский и др. -Опубл. 22.02.83.
18. А. с. 660406 СССР, МКИ² С 22 В 58/00 / О. Г. Зарубицкий, А. А. Омельчук, В. Н. Горбач и др. -Опубл. 08.01.79.
19. Зарубицкий О. Г., Омельчук А. А., Будник В. Г. и др. // Цвет. металлы. -1990. -№ 5. -С. 41—44.
20. Зарубицкий О. Г., Глушков И. В., Бровин И. П. и др. // Ионные расплавы. -1976. -№ 4. -С. 70—72.
21. Omeľchuk A. A., Zarubitskii O. G., Budnik V. G. / Environmental Research Forum (Zuerich). -1996. -1-2. -Р. 173—180.
22. Городьский А. В., Зарубицкий О. Г., Омельчук А. А. и др. / Тез. докл. IX Всесоюз. конф. по физ. химии и электрохимии ионных расплавов. -Свердловск, 1987. -2. -С. 55—56.
23. Pat. 3126940 BRD, Int. Cl⁷ С 25 С 7/00 / О. Г. Zarubitskii, I. V. Glushkov, V. G. Budnik. -Veroff. 28.11.85.
24. А. с. 1272759 СССР, МКИ⁴ С 25 С 3/34 / А. В. Городьский, В. Н. Горбач, О. Г. Зарубицкий и др. -Опубл. 22.07.86.
25. Omeľchuk A. A., Zarubitskii O. G. // Electrochim. Acta. -1999. -44, № 11. -Р. 1779—1787.
26. Зарубицкий О. Г., Будник В. Г., Омельчук А. А. // Журн. прикл. хим. -1994. -67, № 6. -С. 921—923.
27. Omeľchuk A. A., Zarubitskii O. G., Gorbach V. N. et al. // J. Appl. Electrochem. -1995. -25, № 3. -Р. 277—281.
28. Omeľchuk A. A., Zarubitskii O. G. // Material Sci. Forum. -1991. -73—75. -Р. 499—504.
29. Омельчук А. А., Будник В. Г., Зарубицкий О. Г. // Укр. хим. журн. -1995. -61, № 12. -С. 111—114.
30. А. с. 549991 СССР, МКИ² С 25 В 3/34 / Ю. К. Делимарский, О. Г. Зарубицкий, И. П. Бровин и др. -Опубл. 15.11.76.
31. Делимарский Ю. К., Зарубицкий О. Г., Будник О. Г. и др. // Хим. технология. -1975. -№ 5. -С. 17—19.
32. Зарубицкий О. Г., Барчук В. Т., Воронцов А. Н. // Укр. хим. журн. -1979. -45, № 2. -С. 104—107.
33. А. с. 373326 СССР, МКИ² С 22 д 3/14 / Ю. К. Делимарский, В. Г. Будник, О. Г. Зарубицкий. -Опубл. 24.05.73.
34. Зарубицкий О. Г., Будник В. Г., Мелехин В. Т. // Изв. вузов. Цветн. металлургия. -1975. -№ 3. -С. 139—141.
35. Патон Б. Е., Медовар Б. И., Ступак П. М. и др. // Электрошлаковый переплав. -Киев: Наук. думка, 1981.
36. А. с. 1003572 СССР, МКИ³ С 25 С 3/00 / О. Г. Зарубицкий, В. Т. Мелехин, А. А. Омельчук и др. -Опубл. 09.11.82.
37. А. с. 1074050 SU, МКИ³ С 01 В 33/08 / В. Г. Будник, О. Г. Зарубицкий, А. А. Омельчук и др. -Опубл. 08.10.83.
38. Зарубицкий О. Г., Будник В. Г., Дмитрук Б. Ф. // Журн. прикл. хим. -1997. -70, № 4. -С. 687—689.
39. А. с. 1818861 СССР, МКИ⁴ С 25 В 58/00 / О. Г. Зарубицкий, А. А. Омельчук, В. Г. Будник и др. -Опубл. 11.10.92.
40. Зарубицкий О. Г., Омельчук А. А., Будник В. Г. // Журн. прикл. хим. -1996. -69, № 5. -С. 788—791.
41. Зеликман А. Н., Меерсон Г. А. // Металлургия редких металлов. -М.: Металлургия, 1973. -С. 490.
42. А. с. 1389329 СССР, МКИ⁴ С 23 С 10/48 / О. Г. Зарубицкий, Б. П. Подафа, М. У. Клоц и др. -Опубл. 15.12.87.
43. Зарубицкий О. Г., Подафа Б. П., Проценко З. Н. // Укр. хим. журн. -1988. -54, № 6. -С. 652—653.
44. Проценко З. Н., Подафа Б. П., Зарубицкий О. Г. // Журн. прикл. хим. -1990. -63, № 12. -С. 2660—2666.
45. Проценко З. Н., Подафа Б. П., Зарубицкий О. Г. // Расплавы. -1991. -№ 5. -С. 63—68.

Институт общей и неорганической химии им. В. И. Вернадского
НАН Украины, Киев

Поступила 15.02.2000

УДК 541.138(143):546.78

В. В. Малышев, В. И. Шаповал, В. В. Соловьев

РАВНОВЕСНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ МОЛИБДЕНА В РАСПЛАВАХ СИСТЕМЫ Na₂WO₄—MoO₃

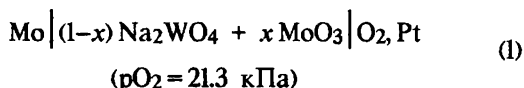
Измерены электродные потенциалы молибдена в расплавах системы Na₂WO₄—MoO₃ в диапазоне 0,005—0,4 мол. дол. MoO₃ при 1073—1273 К. Показано, что равновесные электродные потенциалы молибдена определяются активностью молибдат-ионов в расплаве и описываются уравнениями Нернста. Получены температурная зависимость стандартного

© В. В. Малышев, В. И. Шаповал, В. В. Соловьев, 2000

электродного потенциала молибдена, корреляционные уравнения зависимости коэффициентов активности потенциалопределяющих ионов от их концентрации, термодинамические характеристики реакции образования расплавленного молибдата натрия.

Для теории и практики электроосаждения металлов и неметаллов из расплавов, высокотемпературного электрохимического синтеза их соединений наиболее важны следующие термодинамические величины: их равновесные электродные потенциалы (РЭП) и валентность в расплаве [1, 2]. Повышение температуры в расплавах естественно ускоряет отдельные стадии электродных процессов и возрастает тенденция реализации их в условиях, близких к равновесным. Большинство кинетических методов электрохимического анализа применяются лишь в разбавленных растворах электролитов. Метод измерения ЭДС лишен этого недостатка и позволяет получать информацию об активности и заряде ионов даже в концентрированных растворах электролитов и индивидуальных соединениях.

Имеющиеся в литературе [3] сведения об ЭДС ячейки



получены в интервале температур 1123—1173 К и концентрациях триоксида молибдена до 0.10 мол. дол. Значения потенциалов молибдена при этом измерены относительно недифрагмированного электрода сравнения, потенциал которого также зависит от концентрации MoO_3 (рис. 1, кривая 1). Анализ экспериментальных результатов проведен при этом на основе предположения постоянства коэффициентов активности компонентов расплава и квазиравновесности химических (ионных) реакций.

Цель настоящей работы состоит в том, чтобы измерить РЭП молибденового электрода в расплавах системы $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—MoO}_3$ относительно диа-

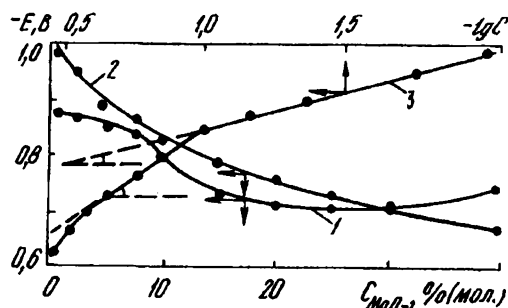
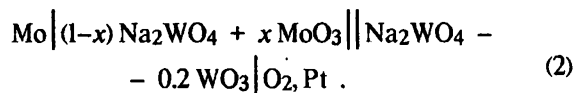


Рис. 1. Зависимость равновесных потенциалов молибденового электрода относительно бездифрагмированного (1) и дифрагмированного (2) электродов сравнения в обычных (1, 2) и логарифмических (3) координатах.

фрагмированного платино-кислородного электрода сравнения ($p_{\text{O}_2} = 21.3 \text{ кПа}$) в атмосфере воздуха; изучить влияние температуры и концентрации MoO_3 в широком диапазоне их изменения на величину РЭП; вычислить коэффициенты активности потенциалопределяющих ионов.

Для решения этих задач измерена ЭДС электрохимической ячейки



Нижняя граница температурного интервала выбиралась для каждого состава смеси по диаграммам [4] для исключения возможности осаждения молибденовых бронз на рабочем электроде. Верхняя не превышала 1273 К.

Эксперименты проводили в измерительной ячейке из кварцевого стекла, газовое пространство которого заполнено воздухом. Контейнером для расплава служил платиновый тигель. Исследуемые солевые смеси готовили добавлением навесок MoO_3 (ос. ч.) в расплаве предварительно обезвоженного $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ч. д. а.). Индикаторным электродом являлась молибденовая проволока (х. ч.) диаметром 1 мм, изолированная алундовой трубкой. Рабочая часть проволоки на 10—15 мм выступала за край трубки и погружалась в расплав. Верхний конец алундовой трубки изолировался от доступа воздуха (огнеупорной замазкой). В качестве кислородного электрода сравнения использовали платиновую проволоку диаметром 1 мм, полупогруженную в расплав постоянного состава. В качестве диафрагмы использовали стенки алундовой пробирки диаметром 5—10 мм.

ЭДС ячейки (2) измеряли высокоомным вольтметром "Щ68003" с точностью $1 \cdot 10^{-3} \text{ В}$. Температуру расплава в ячейке, помещенной в печь с массивным термостатирующим стаканом, поддерживали с точностью $\pm 3 \text{ К}$ с помощью регулирующего потенциометра "КВП-1-503". Значение ЭДС принимали за равновесное, если ее изменение за 30 мин не превышало $5 \cdot 10^{-3} \text{ В}$.

Приемы обработки экспериментальных данных использовались ранее в [2, 3]. Экспериментальные значения ЭДС ячейки (2) (см. рис. 1, кривая 2) описываются уравнением

$$E = A + BT \quad (3)$$

Прямое сопоставление полученных коэффициентов с величинами, приведенными в работе

[3], невозможно из-за применения диафрагмированного электрода. Уравнения политерм ЭДС ячейки (2) (табл. 1) позволили проанализировать связь между РЭП молибденового электрода и составом смеси при постоянной температуре. В основу анализа заложены два положения: оксид молибдена (VI) взаимодействует с вольфрамом натрия с образованием димолибдата; справедливость уравнения Нернста.

Таблица 1

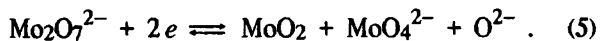
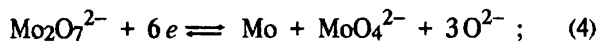
Значения коэффициентов *A* и *B* в уравнении (3) для различных составов расплава $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—MoO}_3$

Концентрация MoO_3 , м. д.	Эквивалентная концентрация Mo_2O_7 , м. д.	Температурный интервал, К	<i>A</i> , В	$-B \cdot 10^4$, В/К	$S_{\text{O}^{2-}} \cdot 10^6$, В ²
0.010	0.012	1123—1256	1.211	1.799	0.70
0.025	0.031	1093—1236	1.210	2.168	0.45
0.050	0.062	1083—1236	1.203	2.465	0.40
0.075	0.093	1073—1236	1.211	2.740	0.68
0.100	0.125	1073—1246	1.211	2.735	0.16
0.156	0.187	1103—1236	1.210	3.176	1.60
0.200	0.251	1113—1236	1.209	3.543	3.50
0.256	0.313	1113—1236	1.211	3.781	2.64
0.300	0.376	1163—1273	1.210	4.026	2.68
0.400	0.501	1183—1273	1.208	4.444	3.64
0.500*	1.000	1193—1273	1.208	4.836	3.42

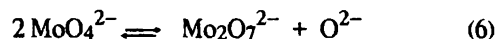
* Расплав-растворитель Na_2MoO_4 .

Поэтому расплавы системы $\text{Na}_2\text{WO}_4\text{—MoO}_3$ (до 0.3 м.д. MoO_3) рассматриваются как полностью диссоциированные взаимные растворы Na_2WO_4 , $\text{Na}_2\text{W}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$, состоящие из смеси ионов Na^+ , WO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , $\text{W}_2\text{O}_7^{2-}$, $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$, O^{2-} . Результаты работы [5] по изучению этих расплавов методом рентгеноструктурного анализа свидетельствуют о наличии именно этих ионов.

Обоснование выбора реакции, описывающей электродные процессы на молибдене, было следующим. В "разбавленных" (до 10—20 % (мол.)) растворах MoO_3 применимо постоянство коэффициентов активности компонентов [3]. В "концентрированных" (более 20 % (мол.)) растворах MoO_3 они становятся функциями состава расплава. Согласно экспериментальным данным, описание электродного процесса на молибдене можно представить следующими реакциями:



Ее обратимость в условиях, близких к равновесным, не вызывает сомнений [6]. Суммирование уравнений (4) и (5) и уравнения быстрой химической стадии



приводит к суммарным реакциям



В соответствии с (7) и (8) ионы $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$ являются окисленной формой существования молибдена в расплаве, а металлический молибден, его диоксид и ионы MoO_4^{2-} — продуктами реакции восстановления. Если выразить потенциал РЭП через активность только окисленной формы, получится уравнение

$$E = E^0 + 2.3 \frac{KRT}{ZF} \lg a. \quad (9)$$

ЭДС ячейки (2) с диафрагмированным электродом сравнения, в котором парциальное давление кислорода и активность его ионов постоянны и не зависят от состава исследуемой солевой смеси, можно описать аналогичным выражением

$$E = E^0 + 2.3 \frac{KRT}{ZF} \lg t + 2.3 \frac{KRT}{ZF} \lg C \quad (10)$$

Анализ политерм ЭДС ячейки (2) проводили с использованием уравнения (10). Он показал, что зависимость

$$E = A + 2.3 B \lg C, \quad (11)$$

где *A* — условный стандартный электродный потенциал, в пределах ошибки измерений линейна до 0.20 м.д. MoO_3 . Это свидетельствует о постоянстве коэффициентов активности потенциалоопределяющего компонента. Величина предлогарифмического коэффициента близка к теоретическим значениям для реакции (7) в области MoO_3 до 0.10 м.д. и для реакции (3) в области MoO_3 0.10—0.20 м.д. и соответствует 1.48—1.51 и 0.97—1.03 Ф на 1 моль восстанавливающего вещества.

Отклонение экспериментальных точек от линейной зависимости в области более "концентрированных" растворов MoO_3 указывает на изменение коэффициентов активности ионов $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$. Численные их значения были рассчитаны по уравнению (10) относительно экспериментальной ЭДС ячейки (2) с расплавом $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ (Na_2MoO_4 — 0.50 м.д. MoO_3) в полуэлементе с молибденовым электродом

$$E_0' = 1.208 - 4.836 \cdot 10^{-4} T. \quad (12)$$

Эта ячейка была принята за стандартную ЭДС. При этом предполагается, что в указанном полуэлементе выполняется условие

$$a^3 = t^3 c^3 = 1.$$

Ряд значений коэффициентов активности t^3 (табл. 2) не позволяет рассчитать ЭДС ячейки (2) с солевой смесью произвольного состава (до 0.50 м. д. MoO_3) за пределами области постоянства коэффициентов активности.

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты активности потенциалопределяющих ионов $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$

C_{MoO_3} , м. д.	C^o , м. д.	t^3 по (10)	C^p , м. д.	t^p по (15), (16)
0.010	0.012	0.36	0.012	0.21
0.025	0.031	0.36	0.031	0.22
0.050	0.062	0.34	0.059	0.23
0.070	0.093	0.33	0.069	0.25
0.100	0.125	0.30	0.103	0.24
0.150	0.187	0.40	0.145	0.29
0.200	0.251	0.41	0.205	0.28
0.250	0.313	0.62	0.283	0.49
0.300	0.376	0.71	0.361	0.62
0.400	0.501	0.86	0.475	0.73
0.500*	1.000	1.00	0.833	0.81

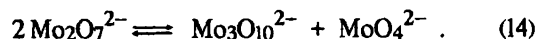
* Расплав-растворитель Na_2MoO_4 .

Для этого подбирали корреляционное уравнение зависимости экспериментальных значений активности ионов $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$ от их концентрации. Такие расчеты с погрешностью, не превышающей ошибки измерений, обычно проводят с использованием интегральной показательной функции $\Phi(C)$ [7, 8]. Корреляционный анализ экспериментальных политегм ЭДС проводили с использованием уравнения

$$E = A + B\Phi(C)T, \quad \text{где } B = \frac{R}{ZF} \quad (13)$$

путем последовательного увеличения количества значений коэффициента B из табл. 1. Критерием применимости корреляционного уравнения (13) служило среднеквадратичное отклонение экспериментальных величин. Было установлено, что уравнение (13) позволяет аппроксимировать величины ЭДС в диапазоне концентраций MoO_3 0.01—0.40 м. д. с отклонением $S_0^2 = 6.3 \cdot 10^{-12} \text{ В}^2\text{К}^{-2}$. Существенная разница между экспериментальными и расчетными значениями ЭДС при концен-

трации $\text{MoO}_3 > 0.40$ м. д., превышающая погрешность измерений, объясняется, по-видимому, повышением кислотности расплава за счет значительного количества MoO_3



Обработка экспериментальных политегм ЭДС с использованием уравнения (13) показала, что при $C_{\text{MoO}_3} = 0.01—0.10$ м. д. $K/Z = 1.49$, а при $C_{\text{MoO}_3} = 0.10—0.30$ $K/Z = 0.99$. Эти значения согласуются с теоретическими для реакций (7) и (8).

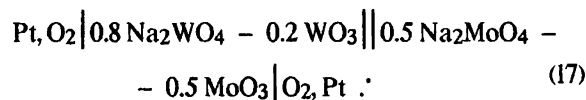
Учитывая, что молибденовый электрод находится в равновесии с ионами $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$ и обменивается с ними целочисленным количеством электронов, ЭДС ячейки через равновесные концентрации выразится

$$E = 1.208 - 4.836 \cdot 10^{-4}T - 2.3 \frac{4RT}{6F} \lg a^p; \quad (15)$$

$$E = 1.208 - 4.836 \cdot 10^{-4}T - 2.3 \frac{2RT}{2F} \lg a^p \quad (16)$$

Величины C^p и f^p , полученные из уравнений (15) и (16), также представлены в табл. 2.

Для определения термодинамических характеристик реакции образования расплавленного $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ была измерена ЭДС ячейки:



В интервале температур 1123—1223 К ее величина описывается уравнением

$$E = 0.013 + 1.029 \cdot 10^{-4}T. \quad (18)$$

Использование зависимости (10) позволило привести уравнения (15) и (16) к новому стандартному кислородному электроду, погруженному в расплавленный $\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$

$$E = 1.221 - 3.807 \cdot 10^{-4}T \quad (19)$$

и рассчитать изменение стандартной энергии Гиббса для токообразующей реакции



$$\Delta G = -ZFE^0 = -1.767 \cdot 10^2 + 5.511 \cdot 10^{-2}T. \quad (21)$$

В наших условиях при 1223 К $\Delta G_{\text{Na}_2\text{Mo}_2\text{O}_7} = -82252$ кДж/моль.

Помимо удовлетворительного выполнения уравнения Нернста для молибденового электрода относительно потенциалопределяющих ионов РЭП отвечает и другим его свойствам как равновесного [1, 2]. А именно, имея устойчивое,

воспроизводимое значение и в расплавах определенного состава остается длительное время постоянным, при малых катодных и анодных значениях поляризации (в наших экспериментах $\eta \leq 100$ мВ) быстро (5—10 мин) возвращается к устанавливающемуся значению. И, наконец, количество электронов, участвующих в равновесии и определенное кулонометрически, совпадает с Нернстовским. При катодной поляризации $\eta \leq 50$ мВ выход продукта (Мо или MoO_2) составляет 92—99 % в расчете на шести(двух)-электронную реакцию.

Проведенные нами исследования РЭП молибденового электрода позволили также установить температурные границы перехода от равновесий с металлом к равновесиям с его диоксидом (рис. 2) в зависимости от концентрации MoO_3 .

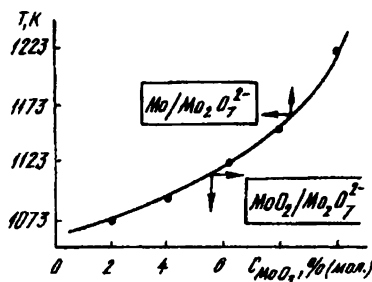


Рис. 2. Температурная граница перехода равновесий $\text{Mo}/\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$ — $\text{MoO}_2/\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$.

Таким образом, измерены равновесные электродные потенциалы молибдена относительно кислородного электрода сравнения в расплавах системы Na_2WO_4 — MoO_3 . Установлено, что в области концентраций 0.01—0.30 м.д. MoO_3 ЭДС исследованной ячейки удовлетворительно описывается уравнением Нернста с использованием

активностей ионов $\text{Mo}_2\text{O}_7^{2-}$. Вычислены коэффициенты активности димолибдат (дивольфрамат)-ионов и энергии Гиббса реакций образования расплавленных димолибдата и дивольфрамата натрия.

РЕЗЮМЕ. Виміряно електродні потенціали молибдену в розплавах системи Na_2WO_4 — MoO_3 у діапазоні 0.005—0.4 мол. дол. MoO_3 при 1074—1273 К. Показано, що рівноважні електродні потенціали молибдену визначаються активністю димолібдат-іонів у розплаві та описуються рівняннями Нернста. Отримано температурну залежність стандартного електродного потенціалу молибдену, кореляційні рівняння залежності коефіцієнтів активності потенціалвизначаючих іонів від їх концентрації, термодинамічні характеристики реакцій утворення розплавленого димолібдату натрію.

SUMMARY. Electrode potentials of molybdenum have been measured in Na_2WO_4 — MoO_3 melts over a range of 0.005—0.4 mole fractions of MoO_3 at 1073—1273 K. It has been shown that the equilibrium electrode potentials of molybdenum are determined by the activity of dimolybdate ions in the melts and are defined by Nernst equations. The temperature dependence of the standard potential of molybdenum, correlation equations of the dependence of the activity coefficients of potential-determining ions on their concentration and thermodynamic characteristics of molten sodium dimolybdate formation reaction have been obtained.

1. Смирнов М. В. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. -М.: Наука, 1978.
2. Барабошкин А. Н. Электрокристаллизация металлов из расплавленных солей. -М.: Наука, 1976.
3. Малышев В. В., Кушхов Х. В. Деп. 84.03.33, № 23/9-Б. 88.
4. Мохосов М. В., Алексеев Ф. П., Луцк В. И. Диаграммы состояния молибдатных и вольфраматных систем. -Новосибирск: Наука, 1970.
5. Jwai S., Osaka D., Okado K. // Koluisugakh Zasshi. -1980. -14, № 1. -P. 60—65.
6. Малышев В. В., Новоселова И. А., Шаповал В. И. Журн. прикл. химии. -1996. -69, № 8. -С. 1233—1247.
7. Абловиц В. Справочник по специальным функциям. -М.: Наука, 1979.
8. Афоничкин В. К., Леонтьев В. Н., Комаров В. В. Электрoхимия. -1993. -27, № 3. -С. 341—347.

Институт общей и неорганической химии им. В. И. Вернадского
НАН Украины, Киев
Полтавский государственный технический университет
им. Ю. Кондратюка

Поступила 23.09.98

УДК 541.135.2

Н. Д. Иванова, Е. И. Болдырев, Г. В. Сокольский

РЕАЛИЗАЦИЯ БИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрена реализация концепции бифункциональной электрохимической системы на практике. С помощью этой концепции решаются такие проблемы гальванотехники, как получение функциональных покрытий, интенсификация процесса осаждения металлов и осаждения из водных растворов тонких слоев молибдена и вольфрама. Проведен элект-

© Н. Д. Иванова, Е. И. Болдырев, Г. В. Сокольский, 2000