

Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

É. É. Shpil'rain, D. N. Kagan, L. S. Barkhatov,
L. I. Zhmakin, Удельная электропроводность жид-
кой окиси иттрия при высоких температурах,
TVT, 1977, Volume 15, Issue 2, 423–424

<https://www.mathnet.ru/eng/tvt7045>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you
have read and agreed to these terms of use

<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.14.84

July 19, 2025, 08:05:14



УДЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЖИДКОЙ ОКСИ ИТТРИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Э. Э. Шильрайн, Д. Н. Каган, Л. С. Бархатов,
Л. И. Жмакин

Исследование удельной электропроводности окиси иттрия в расплавленном состоянии представляет определенный интерес как для понимания физико-химических процессов, протекающих в расплаве, так и для практических приложений. Однако до настоящего времени исследования электропроводности Y_2O_3 в жидкой фазе не проводились*. Это объясняется не только обычной сложностью высокотемпературного эксперимента, но и проблемами, связанными с коррозионной активностью Y_2O_3 .

В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования удельной электропроводности жидкой окиси иттрия в интервале от температуры плавления до 3200 К в атмосфере аргона особой чистоты и в вакууме не ниже $1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст. Экспериментальная установка и методика измерений описана авторами в [1]. Для измерения электропроводности жидкой Y_2O_3 использовались ячейки, одним из электродов которых служил цилиндрический тигель с исследуемым расплавом, другим — коаксиальный стержень, погружаемый в расплав на определенную глубину. В качестве конструкционного материала тиглей и электродов применялся вольфрам, который является достаточно коррозионно-устойчивым в контакте с жидкой окисью иттрия. Внутренний диаметр тиглей при комнатной температуре составил 20 мм, диаметр центральных электродов — 3 мм.

Температура в эксперименте измерялась с помощью эталонного оптического пирометра ЭОП-66 1-го разряда, который через стекло и призму полного внутреннего отражения визировался на модель черного тела, закрепленную на тигле. Ток пирометрической лампочки измеряли по падению напряжения на образцовой катушке сопротивления Р-321 0,1 Ом класса 0,01 с помощью потенциометра Р-309 и цифрового вольтметра Ш1513.

Константы ячеек $K(l)$, где l — глубина погружения центрального электрода, определялись градуировкой по водному 1N раствору KCl на токах резонансной частоты. Максимальная относительная ошибка градуировки ячеек составляет $\pm 3\%$.

Для заполнения тиглей измерительных ячеек использовались образцы окиси иттрия, поставленные Национальным научно-исследовательским центром CNRS (Франция). Они представляли собой весьма чистые порошки Y_2O_3 , переплавленные в солнечной печи в атмосфере воздуха, и содержали не менее 99,995% Y_2O_3 . Образцы имели следующие примеси: Ce — $0,6 \cdot 10^{-4}\%$; Pr < $0,3 \cdot 10^{-4}\%$; Nd < $0,9 \cdot 10^{-4}\%$; Sm < $1,6 \cdot 10^{-4}\%$; Eu — $0,6 \cdot 10^{-4}\%$; Gd < $2,9 \cdot 10^{-4}\%$; Tb — $0,25 \cdot 10^{-4}\%$; Dy < $1 \cdot 10^{-4}\%$; Ho < $0,3 \cdot 10^{-4}\%$; Er < $0,9 \cdot 10^{-4}\%$; Tm < $0,9 \cdot 10^{-4}\%$; Yb < $1 \cdot 10^{-4}\%$; Lu — $0,3 \cdot 10^{-4}\%$; Si — $(1-2) \cdot 10^{-3}\%$; Al < $1 \cdot 10^{-3}\%$; Fe < $2 \cdot 10^{-4}\%$; Ca < $3 \cdot 10^{-4}\%$. Масса окиси иттрия в тиглях составляла около 50 г.

Сопротивление расплава в измерительной ячейке определялось методом вольтметра — амперметра на переменном токе звуковой частоты. Схема измерений описана авторами в [1]. В экспериментах определялась зависимость сопротивления ячейки от глубины погружения центрального электрода. Для получения этой зависимости центральный электрод опускался до касания с поверхностью расплава, после чего измерялось сопротивление ячейки при погружении электрода через каждые 5 мм до глубины 20—25 мм. Вводилась поправка на утечку тока через газовую фазу. При вытягивании электрода из расплава измерения повторялись. Результаты обеих серий измерений имели хорошую воспроизводимость.

Для расчета удельной электропроводности расплава использовалось соотношение между измеренным сопротивлением ячейки $R(l)$ и константой ячейки [1]. Это соотношение имеет вид

$$R(l) = R_{\pi} + K(l)/\kappa, \quad (1)$$

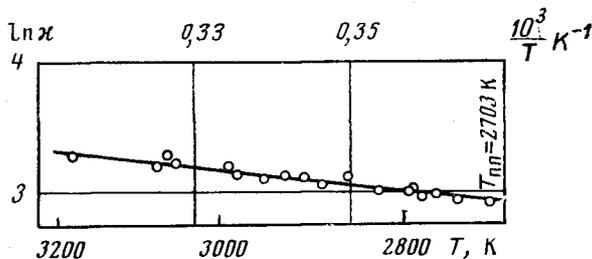
где R_{π} — сопротивление подводящих проводов; κ — удельная электропроводность расплава.

* В период редакционной подготовки статьи к печати состоялось II Всесоюзное совещание «Применение огнеупорных материалов в технике» (г. Ленинград, 14—16 декабря 1976 г.), на котором была доложена работа Ю. А. Полонского и В. А. Лапина «Электрическое сопротивление окиси иттрия в твердом и жидком состояниях (1400—2600°С)». В кратких тезисах этой работы, опубликованных в сборнике трудов совещания, отмечено, что электропроводность жидкой Y_2O_3 составляет приблизительно $10 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при температуре плавления и далее незначительно повышается с температурой.

В соответствии с этим экспериментальные данные, полученные на различных глубинах как при погружении, так и при вытягивании центрального электрода, аппроксимировались уравнением типа (1), коэффициенты которого подбирались методом наименьших квадратов. Отклонения измеренных величин $R(l)$ относительно интерполирующей прямой не превосходили 0,6%.

Как видно из уравнения (1), котангенс угла наклона прямой $R(l) = f[K(l)]$ определяет значение удельной электропроводности расплава при данной температуре. Знание величины сопротивления подводящих проводов $R_{\text{п}}$ при таком способе расчета удельной электропроводности не требуется.

Результаты экспериментального исследования удельной электропроводности расплавленной Y_2O_3 приведены в таблице и на рисунке. Как видно из рисунка, с ростом температуры расплава его электропроводность возрастает, что характерно для ионных жидкостей. Значения электропроводности, полученные в инертной атмосфере



и в вакууме, не отличаются друг от друга. Интерполяционное уравнение для расчета температурной зависимости удельной электропроводности жидкой Y_2O_3 в интервале от температуры плавления (2703 ± 8 К по данным [2]) до 3200 К, полученное методом наименьших квадратов, имеет вид

$$\ln \kappa = 5,457 - 6,881 \cdot 10^{-3} T^{-1}. \quad (2)$$

Отклонения экспериментальных данных от вычисленных по уравнению (2) не превышают $\pm 2\%$. Максимальная относительная ошибка экспериментальных данных

T, K	$\kappa, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$						
2716	18,43	2795	19,83	2926	22,47	2989	24,21
2748	19,08	2826	20,13			3052	24,75
2768	19,51	2858	22,35	2950	22,01	3062	26,41
2783	19,69	2885	20,94			3075	24,38
2791	20,23	2906	22,13	2981	22,74	3182	26,17

по удельной электропроводности жидкой Y_2O_3 находится в пределах $\pm 10\%$. Энергия активации удельной электропроводности жидкой окиси иттрия в исследованном интервале температур постоянна и равна 13,7 ккал/моль.

Институт высоких температур
АН СССР

Поступило в редакцию
10 III 1976

ЛИТЕРАТУРА

- Э. Э. Шпильрайн, Д. Н. Каган, Л. С. Бархагов, Л. И. Жмакин. ТВТ, 14, 948, 1976.
- М. М. Kenisarin, V. Ya. Chekhovskoy. Rev. Intern. Hautes Temp. et Refract., 12, № 4, 329, 1975.