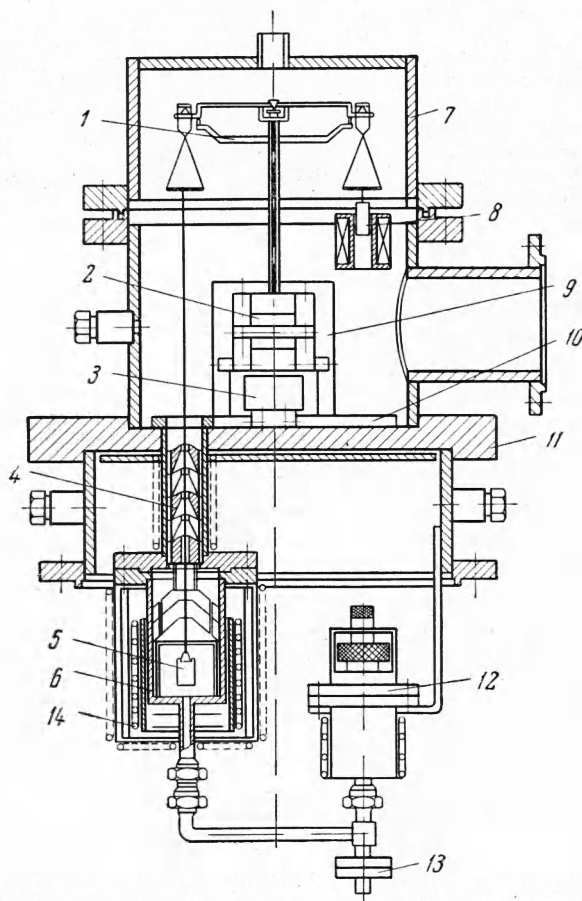


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОГО НАТРИЯ

А. А. Бирияненко, О. П. Макарова, В. Д. Романов, А. Н. Соловьев
(Новосибирск)

В литературе известно несколько работ, посвященных измерениям поверхностного натяжения жидкого натрия [1-7]. Большинство работ проведено в интервале 100—150° С от точки плавления. Лишь в работе Тейлора [8] исследованный интервал увеличен до 470° С.



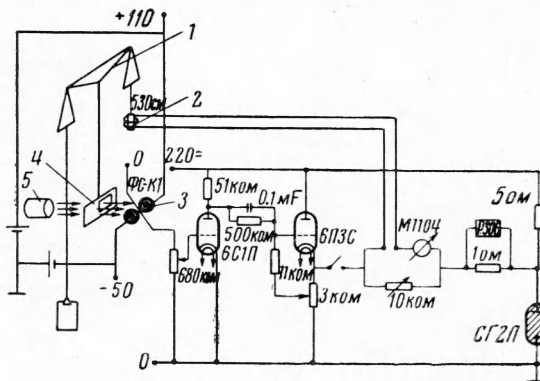
Фиг. 1

С повышением температуры серьезно возрастают экспериментальные трудности, связанные с высокой агрессивностью натрия и сильным испарением. Для определения поверхностного натяжения натрия при более высоких температурах была создана экспериментальная установка, схема которой представлена на фиг. 1, где 1 — весы, 2 — фотосопротивление ФС-К1, 3 — мотор СД-60, 4 — конденсатор, 5 — пластинка, 6 — тигель, 7 — колпак, 8 — магнит, 9 — осветительный блок, 10 — центрирующая плита, 11 — опорная плита, 12 — дозатор, 13 — фильтр, 14 — печь. Используется метод втягивания плоской пластинки. Жидкий натрий помещен в тигель 6, обогреваемый снаружи составной электрической печью 14. Температура тигля определяется при помощи трех платина-платинородиевых термопар, приваренных снаружи к тиглю. Э. д. с. термопар измеряется низкоомным потенциометром типа Р-306.

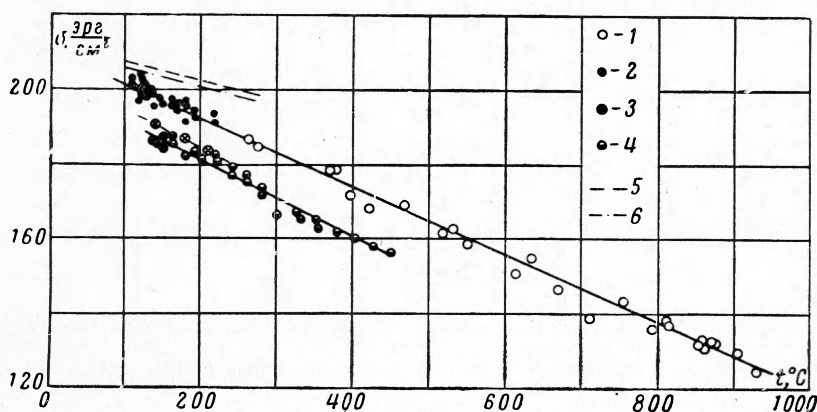
Для выравнивания температуры по высоте тигля внутри печи размещен медный экран. Пластинка 5 размерами 20 × 15 × 0,1 мм подвешивается на тонкой молибденовой нити к одной из чашек автоматизированных аналитических весов 1. Для того чтобы пары металла не проникали в объем, где расположены весы, преду-

смотрен тарельчатый конденсатор 4. По условиям опыта необходимо иметь возможность периодически изменять глубину погружения пластины в расплавленный металл. Это достигается изменением количества металла в тигле при помощи дозатора 12 сифонного типа. Точность фиксации уровня, как было проверено в методических опытах, не хуже 0.5 мм, что дает погрешность в величине поверхностного натяжения не более 0.1%. В экспериментальной установке можно создавать разрежение до 10^{-5} мм рт. ст. при помощи вакуумного агрегата ВА-01-1 или инертную атмосферу. Установка смонтирована на массивной опорной плите 11 и помещена на изолированный фундамент для обеспечения нормальной работы весов.

Принципиальная схема автоматических весов, впервые использованная Н. С. Боровик-Романовым для определения магнитных свойств антиферромагнитных диэлектриков, приведена на фиг. 2, где 1 — весы, 2 — катушка, 3 — фотосопротивление ФС-К1, 4 — штора, 5 — осветитель. При отклонении от положения равновесия перераспределяется световой поток между двумя фотосопротивлениями ФС-К1. Появляющийся в связи с этим сигнал разбаланса после усиления подается в катушку 2, поле которой, взаимодействуя с постоянным магнитом, подвешенным к другому плечу коромысла весов, вновь приводит их в равновесие. О величине силы судят по току в катушке. Для его измерения используется потенциометр типа Р-306 или миллиамперметр М1104. Для защиты весов от случайных поломок был установлен дистанционный арретирующий механизм. Моторчик СД-60, медленно вращая эксцентрик, соединенный с тягой арретира, мог переводить весы из рабочего положения в положение арретирования. В этих крайних положениях мотор выключался при помощи концевых



Фиг. 2



Фиг. 3

выключателей. Весы оказались очень удобными в эксплуатации. Показания их достаточно стабильны. Зависимость тока от веса оказалась линейной во всем необходимом для измерений диапазоне (0—1000 мг). Отклонения тарировочных точек от прямой не превышали во всем диапазоне 0.1 мг.

Перед проведением опытов с натрием было измерено поверхностное натяжение воды, этилового спирта и толуола. Полученные значения совпадают с табличными в пределах 1%.

Для опытов использовался натрий марки «чистый». Перед поступлением в дозатор натрий проходил через пористый фильтр из нержавеющей стали. Перед заполне-

нием системы натрием она тщательно обезгаживалась и заполнялась чистым гелием. В данной серии опытов пластинка была из нержавеющей стали 1X18H9T. Из дозатора натрий медленно выдавливался в тигель, предварительно прогретый до 400—500° С. В этом случае пластинка сразу хорошо смачивалась. Измерения проводились в следующем порядке. После установления постоянной температуры уровень в тигле понижался вплоть до выхода пластины из жидкости, а затем медленно поднимался до погружения пластины на глубину 10—12 мм. Затем уровень понижался до 4—6 мм, и проводилось измерение тока в катушке весов и э. д. с. термопар. Измерения производились не менее трех раз при одном режиме. При таком способе измерений

| $t, ^\circ\text{C}$ | $\sigma, \text{эрг/см}^2$ | $t, ^\circ\text{C}$ | $\sigma \text{эрг/см}^2$ |
|---------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| 194 | 192.3 | 673 | 147.21 |
| 265 | 186.33 | 714 | 139.34 |
| 275 | 184.48 | 757 | 143.73 |
| 371 | 178.31 | 797 | 136.35 |
| 377 | 178.82 | 816 | 137.73 |
| 398 | 171.42 | 816 | 138.14 |
| 422 | 168.48 | 855 | 132.35 |
| 470 | 169.42 | 856 | 133.55 |
| 521 | 162.9 | 865 | 131.38 |
| 534 | 163.57 | 875 | 133.33 |
| 554 | 159.34 | 878 | 133 |
| 616 | 151.47 | 905 | 130.01 |
| 637 | 155.11 | 932 | 124.55 |

имеем дело с так называемым «углом оттекания» и можем полагать, что краевой угол близок к нулю. Всего было снято 26 экспериментальных точек от 100 до 937° С. При этом металл дважды полностью забирался в дозатор и там затвердевал. Было обнаружено, что сразу после расплавления значения поверхностного натяжения ниже примерно на 5—8% значений, которые получаются по прошествии некоторого времени (1—1.5 часа). Возможно, это связано с концентрацией примесей на поверхности жидкого металла. Далее приведены только установившиеся значения поверхностного натяжения.

Расчет величины поверхностного натяжения проводился по формуле

$$\sigma = \frac{g(txdl + F)}{2(t+x)}$$

Здесь t, x — ширина и толщина пластины, l — глубина погружения, d — плотность металла, F — сила, измеренная на весах [2].

Результаты расчета представлены в таблице и на фиг. 3, где точки 1 — данные авторов, 2 — работы Аддисона [6], 3 — работы Аддисона [7], 4 — работы Тейлора [5], кривая 5 — работы [3], кривая 6 — работы [4]. Полученные данные лучше всего согласуются с результатами [7] в зоне низких температур. Интерполирующая прямая, проведенная по полученным данным, описывается уравнением]

$$\sigma = 202 - 0.091(t - 98)$$

Среднеквадратичное отклонение от этой прямой составляет 1.47%.

Поступила 23 III 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенченко В. К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. Гостехтеоретиздат, 1957.
2. G. Quincke. Ueber die Capillaritätsconstanten geschmolzener Körper. Ann. d. Phys. v. 135, p. 621 (1868).
3. Poindexter F. E., Kernachan M., Surface tension of Sodium. Phys. Rev. v. 33, p. 836 (1929)
4. Живо В. Г. Определение поверхностного натяжения расплавленных алюминия, магния, натрия, калия. Тр. ВАМИ, 1937, т. 14, стр. 99.
5. Taylor J. W. The surface Energies of the Alkali Metals. Phil. Mag. 1955, v. 46, p. 867.
6. Addison C. C., Kerridge D. H., Jewis J. Luquid Metals. Part II. The Surface Tension of Luquid Sodium: the drop — volume technique. Journ. chem., 1955, S. p. 2262.
7. Addison C. C., Kerridge D. H., Jewis J. Luquid Metals. Part I. The surface Tension of Luquid Sodium: the vertical — plate technique Journ. chem. 1954, Soc. p. 2861.