

05;11;12

Поверхностное натяжение расплава чистого алюминия

© Х.Х. Калажоков, З.Х. Калажоков, Х.Б. Хоконов

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова,
360004 Нальчик, Россия
e-mail: ftt@kbsu.ru

(Поступило в Редакцию 17 апреля 2002 г.)

Показано, что главной причиной значительного разброса экспериментальных значений поверхностного натяжения (σ) алюминия является адсорбция молекул остаточной газовой фазы вакуумных камер. С помощью предлагаемой методики обработки кинетических кривых $\sigma(\theta)$ для алюминия получено значение $\sigma = 1070 \text{ mJ/m}^2$.

Литературные данные по поверхностному натяжению (ПН, σ) алюминия обнаруживают значительный разброс (рис. 1) в интервале $850\text{--}1100 \text{ mJ/m}^2$ [1,2]. Значения ПН, близкие к верхней границе интервала, считают завышенными и рекомендуют относиться к ним критически [2]. Действительно, если величина σ определена в условиях термодинамического равновесия металла со своим паром, что возможно только в малогабаритных, отпаянных от откачивающих устройств, камерах (как правило, такие камеры из стекла), то она ближе к нижней кривизне указанного интервала (I). А если измерение σ проводится в современных установках с непрерывной откачкой камеры и возможностью контроля степени очистки поверхности электронным спектрометром (2), то в них не удастся осуществить условие термодинамического равновесия металла со своим паром, а получаемые значения ПН близки к верхней границе интервала. Таким образом, встает естественный вопрос: чему равно ПН чистого алюминия?

В [3] рассмотрены причины, которые могут повлиять на определяемую величину ПН металла. Главным и определяющим из них является адсорбция компонентов остаточной газовой фазы (ОГФ) на поверхности металла или адсорбционная релаксация свежобразованной или очищенной металлической поверхности. Измерение ПН в процессе релаксации поверхности в условиях измерения σ описывается следующим выражением [3]:

$$\ln[\sigma(t) - \sigma_p] = \ln[\sigma_0 - \sigma_p] - \frac{t}{\tau_p}, \quad (1)$$

где σ_0 и σ_p — значения ПН металла в начале и через достаточно долгое время после образования (или очистки) поверхности соответственно. τ_p имеет смысл времени адсорбционной релаксации поверхности.

Применим соотношение (1) для обработки данных эксперимента [4], в котором изучена зависимость величины ПН алюминия от содержания кислорода на его поверхности. Для решения этой задачи воспользуемся выражением зависимости коэффициента заполнения θ от времени [5]

$$\theta(t) = \theta_s (1 - \exp[-t/\tau_p]), \quad (2)$$

где θ_s — равновесное покрытие поверхности молекулами при данной температуре и давлении.

Полагая, что (1) и (2) справедливы при малых θ (или t), и разлагая (2) при малых временах ($t \ll \tau_p$) в ряд Тейлора, а также ограничиваясь его линейной частью, будем иметь

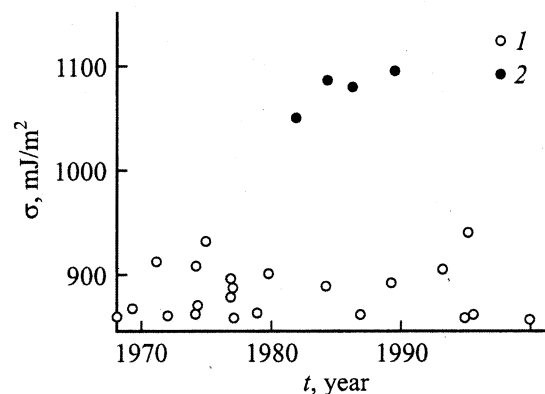
$$\frac{\theta(t)}{\theta_s} \approx \frac{t}{\tau_p}. \quad (3)$$

Очевидно, что θ_s в (3) следует заменить через θ_p — покрытие, соответствующее времени τ_p . Тогда из (1) и (3) следует

$$\ln(\sigma - \sigma_p) \approx (\sigma_0 - \sigma_p) - \frac{\theta}{\theta_p}. \quad (4)$$

Выражение (4) нами использовано для обработки экспериментальной зависимости $\sigma = \sigma(\theta)$, полученной в [4] для алюминия при адсорбции кислорода. Построенная таким образом прямая (4) приведена на рис. 2.

Как видно, точки укладываются на прямую вполне удовлетворительно, что говорит о справедливости полученного выражения (4). По пересечению прямой (4) с осью ординат нами определено начальное значение ПН алюминия σ_0 , равное 1070 mJ/m^2 . Оно достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными ПН, полученными прямым измерением в [4,6]. При



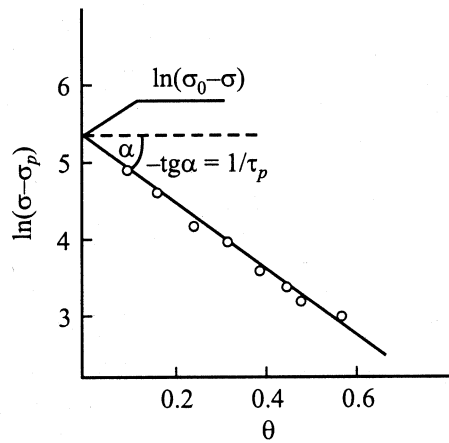


Рис. 2. К определению σ_0 и θ_s алюминия по данным [4].

определении σ_0 нами получено, что в процессе адсорбционной релаксации поверхности ПН алюминия изменяется и в условиях [4] в момент $t = \tau_p$, принимает значение, равное $\sigma_p = 890 \text{ мДж/м}^2$. По углу наклона прямой (4) к оси θ определено значение коэффициента заполнения θ_p поверхности алюминия молекулами кислорода, равное 0.24. Очевидно, что дальнейшее повышение поверхности θ молекулами приведет к снижению ее ПН и к лучшему согласию с экспериментальными значениями σ , полученными в отпаянных приборах.

Таким образом, величину ПН, равную около 1100 мДж/м^2 [4,6] и др., следует отнести к поверхности алюминия, которая еще не пришла после ее получения или очистки в равновесное состояние с ОГФ камеры. А значение ПН около 860 мДж/м^2 — к равновесной системе поверхность алюминия–ОГФ, а следовательно, к частично покрытой молекулами ОГФ поверхности алюминия. Анализ условий определения ПН алюминия по работам, приведенным в [2], показывает, что с развитием техники и методики эксперимента определяемое значение ПН повышается и приближается к верхней границе отмеченного в начале работы интервала значений ПН алюминия, т.е. к 1100 мДж/м^2 .

Список литературы

- [1] Ниженко В.И., Флока Л.И. Поверхностное натяжение жидких металлов и сплавов. Справочник. М: Металлургия, 1981. 208 с.
- [2] Алчагиров Б.Б., Чочаева А.М., Хоконов Х.Б., Таова Т.М., Ибрагимов Х.И. // Вестник КБГУ. Сер. физич. Нальчик, 2000. Вып. 4. С. 4–9.
- [3] Калажоков Х.Х., Калажоков З.Х. // Металлы. 2000. № 4. С. 21–22.
- [4] Goutiri L., Jout J.C. // Acta Metallurgica. 1992. Vol. 30. P. 1397–1405.
- [5] Калажоков З.Х., Калажоков Х.Х., Хоконов Х.Б. // Физика межфазных явлений и процессов взаимодействия потоков частиц с твердыми телами. Нальчик: КБГУ. 1998. С. 91–93.
- [6] Paties A., Garcia Corbovilla C., Louis E. // J. Mater. Sci. 1986. Vol. 21. N 8. P. 2787–2792.