

05

## О недостатках статьи „Исследование первичных нанотрещин атомарно-гладких металлов“ (В.М. Юров, В.И. Гончаренко, В.С. Олешко)

© М.Н. Магомедов

Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики — филиал Объединенного института высоких температур РАН, Махачкала, Россия  
E-mail: mahmag4@mail.ru

Поступило в Редакцию 13 июня 2023 г.

В окончательной редакции 25 июня 2023 г.

Принято к публикации 29 июня 2023 г.

Указано на необоснованность и противоречивость утверждений авторов в статье „Исследование первичных нанотрещин атомарно-гладких металлов“ (В.М. Юров, В.И. Гончаренко, В.С. Олешко), а также на допущенные ими физические и математические ошибки.

**Ключевые слова:** поверхность, трещина, поверхностная энергия.

DOI: 10.21883/PJTF.2023.17.56081.19650

Недавно в работе [1] была предложена „новая аналитическая модель расчета характеристик первичных трещин, возникающих в атомарно-гладких металлах“. Однако в процессе ознакомления с указанной статьей возникли некоторые замечания к обоснованности утверждений авторов [1] и к полученным в данной работе результатам. Поясним эти замечания подробнее.

Авторы [1] разделяют кристалл на две фазы: фаза  $\gamma_1$  — поверхностный слой толщиной  $R_1$ , фаза  $\gamma_2$  — „объемная фаза“. При этом заявляется, что „поскольку поверхностная энергия  $\gamma_1$  слоя фазы  $\gamma_1$  в 3 раза меньше поверхностной энергии  $\gamma_2$  объемной фазы, разрушение металла начинается с поверхностного слоя“. Однако известно, что поверхностная энергия относится к поверхности, а каким образом определить поверхностную энергию  $\gamma_2$  для объемной фазы авторы [1] не объясняют. Также неясно, на каком основании авторы постулируют соотношение  $\gamma_2/\gamma_1 = 3$  для кристаллов всех веществ и при любой температуре. Ни ссылок на то, откуда это взято, ни соображений, доказывающих это утверждение, в работе [1] не содержится. Более того, после формулы (3) поясняется, что поверхностная энергия на границе раздела указанных фаз, обозначенная как  $\gamma_{12}$ , „пренебрежимо мала в силу фазового перехода второго рода“. Однако из каких соображений сделан вывод о наличии между поверхностью и объемом фазового перехода второго рода, в [1] не поясняется.

Помимо этого в работе [1] также вводятся следующие новые понятия. В начале статьи введено понятие „первичная трещина“, о которой сказано, что „длина этой трещины  $L$  равна толщине поверхностного слоя металла  $R_1$ “. Возникают логичные вопросы: что такое „первичная трещина“ и существует ли „вторичная“? Ответа на эти вопросы в [1] нет. Однако после того как было постулировано  $L = R_1$ , в [1] задается вопрос: „Каковы размеры первичных нанотрещин в атомарно-гладких металлах?“.

Однако определения для терминов „нанотрещина“ и „первичная нанотрещина“ в статье не дается. Вместе с тем поясняется, что „целью работы являются разработка методики и проведение расчетов длины нанотрещин... а также сравнение результатов расчетов с теорией Гриффитса“. Но если в (1) авторы уже постулировали  $L = R_1$ , то зачем далее „разрабатывать методику“ расчета длины нанотрещины? Трещина — это нарушение сплошной среды, а как определить трещину на наноуровне? В [1] этого не сделано.

В формуле (4) вводится функция  $\sigma_{is}$  как „внутренние напряжения между фазами  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , причем, как следует из итоговой таблицы, величина  $\sigma_{is}$  составляет в металлах десятки GPa ( $1 \text{ GPa} = 10 \text{ kbar} = 10\,000 \text{ atm}$ ). Однако авторы не поясняют: почему при таких напряжениях фазы  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  не разделятся? Также неясно: как можно при таких градиентах давления использовать формулы равновесной термодинамики?

После формулы (8) в работе [1] заявляется: „Нами показано, что первичная нанотрещина возникает из-за нескомпенсированности с атомами, которые находятся на поверхности и в объеме“. Здесь возникает вопрос: о какой „нескомпенсированности с атомами на поверхности и в объеме“ идет речь?

Что касается использованных в [1] формул, то здесь тоже много неясного. Размерности в формулах (1) и (2) не сходятся. Отметим, что формула (2) получена на основе эмпирического графика, представленного в [2]. Однако в [1] на работу [2] ссылки нет. Более того, в [1] относительно формулы (2) указано, что она получена в работе Юрова и др. [3]. При этом заявлено, что в (2) входит „поверхностная энергия объемного металла  $\gamma_2$ “. Однако в работе [2] формула (2) была получена для обычного поверхностного натяжения жидкой фазы, а не для твердой „объемной“ фазы, как это заявлено в [1].

Формула (8) не следует из (7), так как в (7) оба слагаемых положительные, а  $L_G$  находится в числителе. Но самое странное в том, что если в левую часть (8) подставить (4), а в правую часть подставить (3), то легко получить

$$L_G = (2/\pi)R_1 = 0.6366R_1. \quad (A)$$

В силу результата (A) становится понятным, почему в таблице работы [1] получилось  $L_G < R_1$ . При этом результат (A), как и результаты таблицы, значительно отличается от постулированного авторами равенства (1), т. е.  $L = R_1$ .

В свете результата (A) становится понятным последовавшее после (8) заявление „Эта модель справедлива не только для металлов, но и для любых твердых тел, включая полимеры и минералы“, а также утверждение „Предложенная нами модель является универсальной“. Возникает вопрос: почему же в названии [1] фигурируют только „атомарно-гладкие металлы“?

В конце работы [1] авторы заявляют: „Наш расчет длины трещины  $L_G$  по Гриффитсу дал среднее значение, которое отличается от длины трещин  $L$  в среднем на 9%, что свидетельствует в пользу нашей модели“. Однако согласие с „моделью трещины по Гриффитсу“ не в пользу авторов [1]. Дело в том, что Гриффитс рассматривал трещину в объеме вещества [4], и его критерий количественно оказался не вполне корректным. Более того, критерий Гриффитса приводит к бесконечной прочности при нулевой длине трещины, т. е. при переходе к нанотрещинам. На это было указано еще Френкелем в 1952 г. в работе [5], а более свежую информацию по расчетам критической длины трещины можно найти в [6]. Поэтому авторам [1] следовало бы использовать не критерий Гриффитса, а более современные работы [5,6]. Кроме того, уж если авторы [1] решили изучать трещины на наномасштабе, то им следовало бы учесть, что при переходе к наноразмерам все использованные в [1] параметры металлов (плотность, поверхностная энергия, температура плавления, модуль Юнга и др.) становятся зависимыми от размера системы, к которой эти параметры применяются [7].

В аннотации работы [1] сначала указано: „Впервые проведены вычисления параметров первичных трещин на примере атомарно-гладких металлов“. Однако в конце аннотации содержится утверждение, которое противоречит первому: „Показано, что полученные нами данные согласуются с ранее известными результатами“. Так в чем же новизна этой статьи?

Таким образом, в работе [1] содержится много необоснованных утверждений, а результаты [1] являются некорректными и не характеризуют процесс образования трещины ни в металлах, ни в других твердых телах.

## Конфликт интересов

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

## Список литературы

- [1] В.М. Юров, В.И. Гончаренко, В.С. Олешко, Письма в ЖТФ, **49** (8), 35 (2023). DOI: 10.21883/PJTF.2023.08.55136.19504 [V.M. Yurov, V.I. Goncharenko, V.S. Oleshko, Tech. Phys. Lett., **49** (4), 74 (2023)].
- [2] С.Ш. Рехвиашвили, Е.В. Кишტიкова, Р.Ю. Кармокова, А.М. Кармоков, Письма в ЖТФ, **33** (2), 1 (2007). [S.Sh. Rekhviashvili, E.V. Kishtikova, R.Yu. Karmokova, A.M. Karmokov, Tech. Phys. Lett., **33** (1), 48 (2007). DOI: 10.1134/S1063785007010130].
- [3] В.М. Юров, С.А. Гученко, В.Ч. Лауринас, Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов, № 10, 691 (2018). DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.691
- [4] A.A. Griffith, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A, **221** (2), 163 (1921). DOI: 10.1098/rsta.1921.0006
- [5] Я.И. Френкель, ЖТФ, **22** (11), 1857 (1952).
- [6] В.М. Маркочев, М.И. Алымов, Чебышевский сборник, **18** (3), 377 (2017). DOI: 10.22405/2226-8383-2017-18-3-377-389
- [7] М.Н. Магомедов, ФТТ, **62** (12), 2034 (2020). DOI: 10.21883/FTT.2020.12.50206.172 [M.N. Magomedov, Phys. Solid State, **62** (12), 2280 (2020). DOI: 10.1134/S1063783420120197].