

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОЛЗУЧЕСТИ С НАЛОЖЕНИЕМ СЛАБЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Старовацкая С. Н., Коновалов С. В., Столбоушкина О. А., Иванов Ю. Ф.*,
Громов В. Е.

ГОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г.Новокузнецк, Россия, gromov@physics.sibsiu.ru

*ГОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет»,
г.Томск, Россия, yufi@mail2000.ru

В связи с тем, что многие конструкционные материалы работают в условиях ползучести, изучение поведения их структуры представляет важную научную задачу. Однако, поверхность разрушения материалов часто оценивается лишь визуально, без получения количественных показателей структуры излома по которым можно было бы судить о свойствах, и причинах, приведших к разрушению. Следовательно, применение методик, позволяющих получать количественную информацию о топологии излома, представляет особый интерес. Одной из таких методик является фрактальный анализ, используемый для изучения морфологии поверхности разрушения изделий из технически чистого алюминия после испытаний на ползучесть.

В качестве энергетического воздействия, влияющего на процесс ползучести, выбрано наложение электрического потенциала +1В от стабилизированного источника питания. Такое воздействие привело к ускорению процесса ползучести.

Цифровые изображения изломов алюминия, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа Philips SEM-515, обрабатывались с помощью анализатора изображений «SIAMS Photolab» и, входящей в его состав, специально разработанной методики «3D-визуализация». В результате такой обработки получался набор вертикальных сечений поверхностей излома (профилей), описывающих рельеф поверхности с точностью, определяемой величиной измерительного масштаба δ . При изменении величины δ изменяются и значения измеренной длины профилей. В том случае, если поверхность имеет фрактальные свойства, выполняется степенной закон, устанавливающий связь между длиной профиля L и величиной (параметром) измерительного масштаба δ : $L(\delta) = L_0 \delta^{1-D_f}$, где L_0 – проекция профиля L на ось сечения x , а D_f – фрактальная размерность профиля поверхности. Величина D_f определяется по углу наклона линейного участка зависимости $\ln(L/L_0)$ от $\ln \delta$ (рис. 1).

Фрактальный анализ поверхности разрушения алюминия, проведенный по указанной методике, показал, что при ползучести без наложения потенциала фрактальная размерность составила $D_f = 2,2678 \pm 0,0021$, наложение потенциала приводит к увеличению значения D_f до $2,3064 \pm 0,0011$.

Известно, что топография излома связана с прочностными и пластическими свойствами материала. Изменение фрактальной размерности свидетельствует об увеличении степени шероховатости структуры, что подтверждается результатами измерений размеров и количества ямок вязкого излома.

Установлено, что при деформации без наложения потенциала средний размер ямок составляет $1,84 \pm 1,3$ мкм; наложение потенциала приводит к уменьшению среднего размера ямок вязкого излома в $\sim 1,25$ раза. Одновременно с этим уменьшается и интервал существования размеров ямок: в экспериментах без потенциала максимальный размер ямок достигал 7 мкм; наложение потенциала приводит к уменьшению максимального размера ямок до 5 мкм. Считается, что размер ямок (диаметр и глубина) зависит от числа мест зарождения микропор и относительной пластичности матрицы [1, 2].

Чем больше мест зарождения, тем меньше размер ямок. Следовательно, с уменьшением глубины ямок на поверхности разрушения и увеличением их числа снижается вязкость разрушения, то есть возрастает прочность технически чистого алюминия при ползучести.

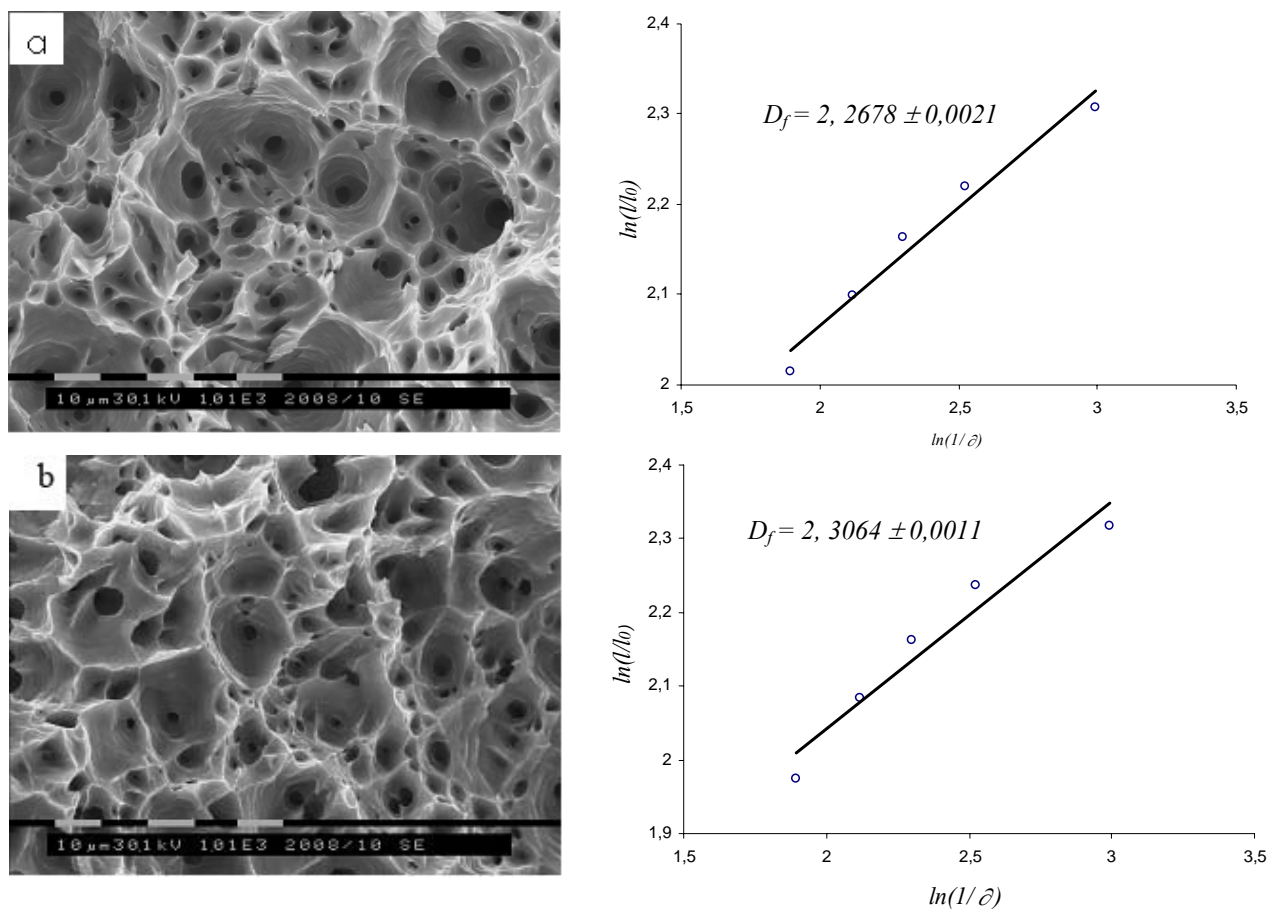


Рис. 1. Изображения изломов технически чистого алюминия и зависимости $\ln(L/L_0)$ от $\ln(1/\delta)$ для определения фрактальных размерностей: *a* – испытания без наложения потенциала; *b* – с наложением потенциала +1В

Таким образом, количественный анализ поверхности разрушения, формирующейся в условиях ползучести, позволяет заключить, что наложение потенциала 1 В приводит к упрочнению материала, оказывая влияние на состояние его поверхностного слоя.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 10-07-00172-а).

Список литературы

1. Энгеле Л. Растровая электронная микроскопия. Разрушение [Текст] / Л. Энгеле, Г. Клингеле: Справочное изд. Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1986. – 232 с.
2. Иванова В.С. Количественная фрактография. Усталостное разрушение [Текст] / В.С. Иванова, А.А. Шаняевский. – Челябинск: Металлургия. Челябинское отделение, 1988. 400 с.