

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Физическая мезомеханика.  
Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения  
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН  
**академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках  
**Международного междисциплинарного симпозиума  
«Иерархические материалы: разработка и приложения  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года  
Томск, Россия**

Томск  
Издательство ТГУ  
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/65

ИССЛЕДОВАНИЕ IN SITU ЭВОЛЮЦИИ НА МАКРО- И МЕЗОУРОВНЯХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ АЛЮМИНИЯ

<sup>1</sup>Устинов А.М., <sup>1,2</sup>Клопотов А.А., <sup>3</sup>Иванов Ю.Ф., <sup>1</sup>Абзаев Ю.А., <sup>2</sup>Потекаев А.И., <sup>1</sup>Власов Ю.А.

<sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск

<sup>2</sup>НИ Томский государственный университет, Томск

<sup>3</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Согласно работе [1] пластическое течение в нагруженном твердом теле развивается локализованно на всех масштабных уровнях. При пластической деформации, например, на мезомасштабном уровне возможно образование мезополос, генерированных в локальных местах концентраторами напряжений на границах зерен. Важную роль в процессе деформации поликристаллических материалов играют поля внутренних напряжений. Мезоскопические внутренние напряжения локализованы в объемах протяженностью от сотен до нескольких микрометров. Мезонапряжения в поликристаллах могут быть локализованы в объемах одного или нескольких зерен или в части зерна [2]. Локализация

мезонапряжений в процессе деформации материалов хорошо проявляется и фиксируется современными методами на основе стереоскопической измерительной системы VIC-3D [3]. Этот подход может оказаться очень продуктивным для изучения эволюции in situ деформационных полей на поверхности сплавов при их нагружении выше предела упругости. При достижении напряжений, превышающих предел упругости и происходит переход от упругой стадии к пластической (переход стадия I→стадия II).

Для получения экспериментальных данных при переходе от упругой стадии к пластической с целью выяснений особенностей образования и перестройки дефектов и их самоорганизации при деформации удобным объектом является алюминий, обладающий высокой пластичностью.

Для получения информации о локализации пластической деформации в настоящее время широко используют метод исследования деформационных полей на поверхности образцов с использованием стереоскопической измерительной системы VIC-3D [3].

Настоящая работа посвящена изучению эволюции распределений деформационных полей во времени и в пространстве на поверхности образцов технически чистого алюминия А7 при растяжении.

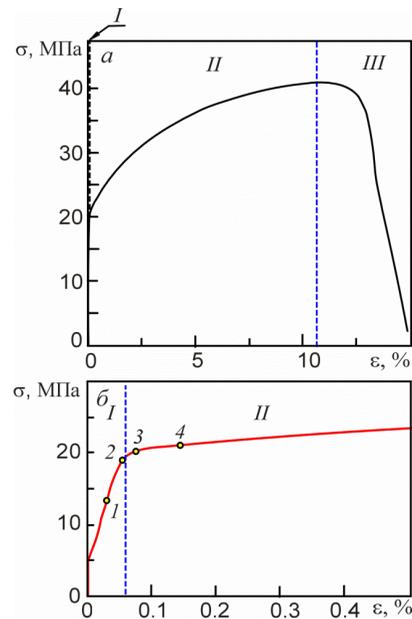


Рис. 1. Полная деформационная кривая растяжения технически чистого алюминия А7 (а) и фрагмент деформационной кривой на начальном этапе деформации (б)

Испытание образцов на растяжение осуществлялось на испытательной машине «INSTRON 3386» с постоянной скоростью деформирования  $0,0021 \text{ с}^{-1}$ .

Измерения поверхностного деформирования пластины проводили при помощи цифровой оптической системой VIC-3D на основе метода корреляции цифровых стереоскопических изображений [4].

На рис. 1 приведена диаграмма деформирования  $\sigma = f(\epsilon)$  при растяжении технически

## Секция 2. Неустойчивость, локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

чистого алюминия А7. На деформационной кривой можно выделяются три стадии. Упругая очень узкая порядка 0.07 % стадия деформации (стадия I). Протяженная стадия пластической деформации (стадия II). Деформационная кривая заканчивается стадией III, которая характеризует процессы пластического разрушения образца.

При деформации в пластичном технически чистом Al на упругой стадии генерация деформационных дефектов проявляется на картинах распределений деформационных полей в виде хаотическим образом распределенных очагов пластической деформации сжатия и расширения вдоль вертикальных  $\varepsilon_{yy}$  относительных деформаций (рис. 2, картины 1 и 2).

При нагружении алюминиевого образцов в области значений напряжений, близких к пределу упругости, на картинах распределений деформационных полей в поверхностном слое наблюдается локализация очагов пластической деформации макромасштабного уровня в виде цепочек, вытянутых под углом  $30^\circ$  к боковой грани образца (рис. 2, картина 3). При достижении значений напряжений превышающих предела упругости на картинах деформационных полей наблюдается существенное изменение в распределении очагов деформации. Происходит слияние отдельных очагов пластической деформации в макрообласти с более высокими значениями деформации в них, чем средняя деформация по образцу. Данные очаги пластической деформации разделены прослойками с низкими значениями деформации. В области захватов в верхней и нижней части образца наблюдается образование макрообластей очагов деформации с высокими значениями деформации в них.

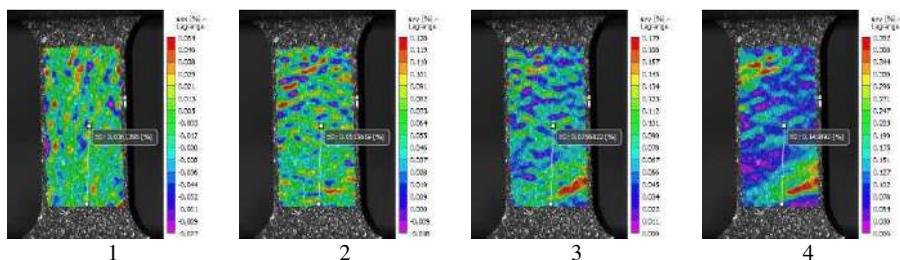


Рис. 2. Картины распределений вертикальных  $\varepsilon_{yy}$  относительных деформаций на поверхности образца технически чистого алюминия А7. Картинам 1 – 4 соответствует точки 1–4 на деформационной кривой на рис.1, б

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №19-52-04009).*

1. Панин В.Е., Егорушкин В.Е., Панин А.В. Физическая мезомеханика деформируемого твердого тела как многоуровневой системы. I. Физические основы многоуровневого подхода// Физическая мезомеханика 2006. Т. 9. № 3. С. 9-22.
2. Конева Н.А., Тришкина Л.И. и др. Источники полей напряжений в деформированных поликристаллах // Физическая мезомеханика. 2006. Т.9. №3. С. 93-101.
3. A.S. Plyaskin, A.A. Klopotov, A.I. Potekaev, B.O. Koshko, A.M. Ustinov, O.G. Volokitin, G.I. Tayukin. Features of the Manifestation of Macro- And Meso-scope Structural Levels on the Surface of a Long Steel Rod under Compression Deformation//AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2167. 020279.
4. Копаница Н.О., Устинов А.М., Тришкина Л.И., Клопотов А.А. и др. Изучение упругопластической деформации клевого соединения сталь/углепластик методом корреляции цифровых изображений//Деформация и разрушение. 2018. №7. С.38-43.