

## ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

### МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

## ЭВОЛЮЦИЯ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЕМ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА ДОЭВТЕКТИЧЕСКОГО СОСТАВА, ОБЛУЧЕННОГО ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

<sup>1</sup>Клопотов А.А., <sup>2</sup>Иванов Ю.Ф., <sup>1</sup>Устинов А.М., <sup>1</sup>Абзаев Ю.А., <sup>2</sup>Тересов А.Д.,  
<sup>3</sup>Загуляев Д.В., <sup>1</sup>Цветков Н.А.

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

<sup>2</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

<sup>3</sup>Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

Силумины являются дешевыми сплавами системы Al-Si, обладают хорошей коррозионной стойкостью и хорошими литейными свойствами, малым удельным весом. Существенным недостатком силуминов является наличие сравнительно крупных включений кремния и интерметаллидов, охрупчивающих материал. Последнее существенно сужает сферу применения данного, несомненно, перспективного сплава в промышленности.

Цель настоящей работы – выявление возможностей повышения пластических свойств силумина доэвтектического состава в условиях облучения поверхности материала импульсным электронным пучком.

В качестве материала исследования использован сплав АК10М2Н. Испытания силумина на растяжение осуществляли на плоских пропорциональных образцах в виде двухсторонних лопаток в соответствии с ГОСТ 1497-84. Одноосное растяжение образцов осуществляли на испытательной машине «INSTRON 3386» с постоянной скоростью 1,25 мм/мин. Распределение деформаций в приповерхностных слоях образца при растяжении фиксировали с использованием оптической измерительной системы VIC-3D [1]. Рабочую область части образцов облучали с двух сторон в вакууме импульсным электронным пучком на установке «СОЛО» (17 кэВ, 50 Дж/см<sup>2</sup>, 100 мкс, 3 имп., 0,3 с<sup>-1</sup>). Исследование поверхности разрушения осуществляли методами сканирующей электронной микроскопии.

Деформационные кривые силумина в литом состоянии (кривая 1) и облученного импульсным электронным пучком (кривая 2), приведены на рис. 1, а. Выявлено увеличение пластичности облученного силумина более чем в 1.5 раза, повышение прочности – в 1,3 раза.

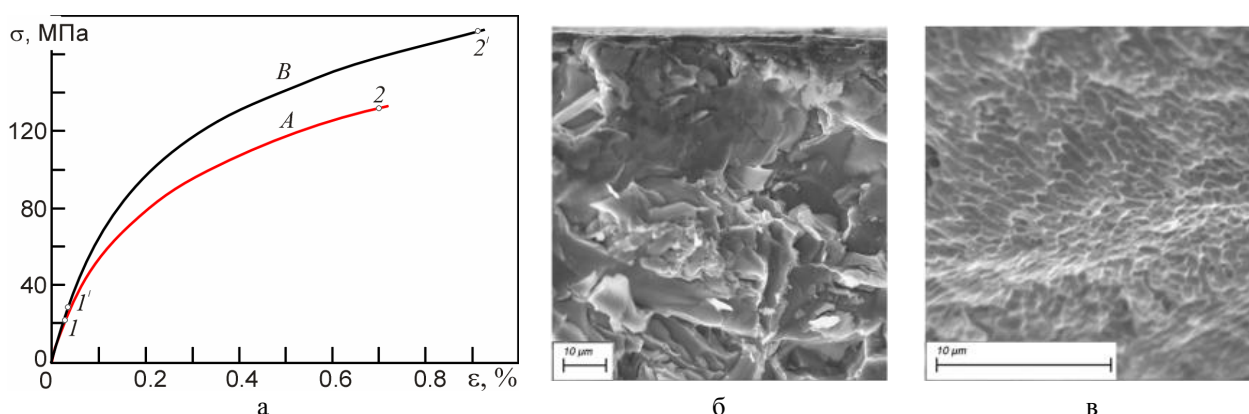


Рис. 1. Деформационные кривые литого (кривая А) и облученного (кривая В) образцов (а);  
структура поверхности разрушения силумина в литом состоянии (б)  
и после облучения импульсным электронным пучком (в)

Методами фрактографии установлено (рис. 1б и 1в), что увеличение пластических и прочностных свойств облученного импульсным электронным пучком силумина обусловлено формированием в сравнительно тонком (толщиной до 100 мкм) поверхностном слое образцов многофазной субмикро- нанокристаллической структуры (рис. 1в).

На рис. 2 и рис. 3 приведены распределения деформационных полей на поверхности исследуемых на начальной стадии при одноосной деформации растяжением и при деформации, предшествующей разрушению. На приведенных спекл-картинах на упругой

стадии при малой деформации до 0.03 – 0.04 % при одноосном растяжении на литых и облученных образцах наблюдается фрагментированная структура, состоящая из мелких локальных областей с разными значениями деформации в них. Согласно существующим в литературе представлениям [2] эти локальные области деформации представляют как деформационные или упругопластические домены. При этом эти области локализации могут включать в себя целые группы зерен.

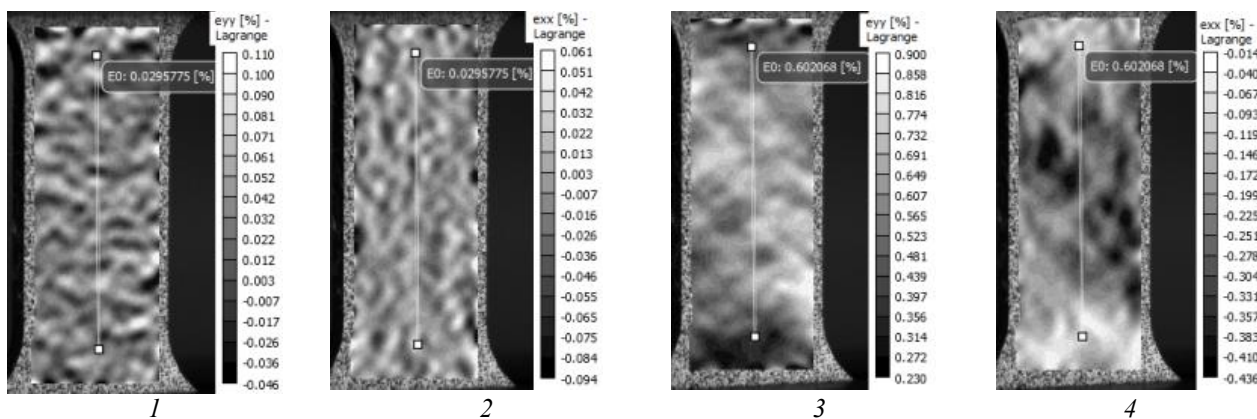


Рис. 2. Картины распределений продольных  $\epsilon_{yy}$  и поперечных  $\epsilon_{xx}$  относительных деформаций на поверхности не облученного образца при средних деформациях по рабочему полю:  
 1)  $\epsilon_{yy}=0.033\%$ ; 2)  $\epsilon_{xx}=0.033\%$ ; 3)  $\epsilon_{yy}=0.60\%$ ; 4)  $\epsilon_{xx}=0.60\%$ . Этим картинам соответствуют точки 1' и 2' на деформационной кривой А на рис. 1а

При деформационных воздействиях, предшествующих разрушению, на не облученном образце на спекл-картинах поперечных  $\epsilon_{xx}$  относительных деформаций отчетливо видно, что произошло образование локальных очагов деформации с более высокими значениями деформации. Эти локальные очаги деформации квазипериодическим образом расположены в виде цепочек под углом близким к  $45^\circ$ . На облученном образце таких распределений деформационных полей на спекл-картинах не наблюдается.

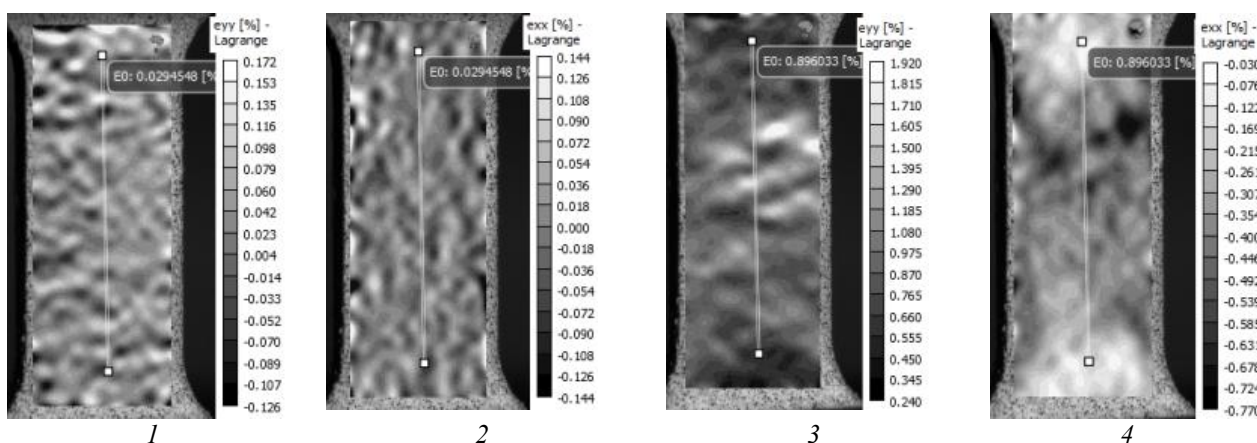


Рис. 3. Картины распределений продольных  $\epsilon_{yy}$  и поперечных  $\epsilon_{xx}$  относительных деформаций на поверхности облученного образца при средних деформациях по рабочему полю образца:  
 1)  $\epsilon_{yy}=0.029\%$ ; 2)  $\epsilon_{xx}=0.029\%$ ; 3)  $\epsilon_{yy}=0.896\%$ ; 4)  $\epsilon_{xx}=0.896\%$ . Этим картинам соответствуют точки 1' и 2' на деформационной кривой В на рис. 1 а

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 19-79-10059).*

1. Sutton M.A., Orteu J.J., Schreier H. Image Correlation for Shape, Motion and Deformation Measurements. - University of South Carolina, Columbia, SC, USA, 2009. 364 p.  
 2. Романова В.А., Балахонов Р.Р. и др. Микромеханическая модель эволюции деформационного рельефа в поликристаллических материалах. Физическая мезомеханика. 2017. Т.20 Вып.3. С. 81-90.