

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Вовнова И.Г., Липатникова Я.Д., Соловьева Ю.В.

<sup>1</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск,  
[yanna\\_lip@mail.ru](mailto:yanna_lip@mail.ru)

Работа посвящена исследованию явления сверхпластичности металлических материалов методом компьютерного моделирования деформации прямоугольного стержня при одноосном растяжении. Моделирование проведено на основе конечно-элементной двухуровневой модели, предложенной ранее авторами [1]. В основе численного расчета деформации лежит модель упругопластической среды. Данная модель включает классические законы сохранения массы импульсов и энергии, определяющие соотношения теории пластического течения и уравнение состояния в форме Ми-Грюнайзена. Используются механические характеристики для сплава ЦА22 [2, 3].

Анализируется влияние упрочнения элемента деформационной среды на локализацию деформации на разных масштабных уровнях. Показано, что в зависимости от формы кривой напряжение-деформация ( $\sigma$ - $\varepsilon$ ) элемента среды, на макромасштабном уровне наблюдаются локализации пластического течения различного вида. Немонотонная зависимости  $\sigma$ - $\varepsilon$  элемента деформационной среды, с одним максимумом, является условием возникновения стабильной шейки разрушения. В случае, когда зависимость  $\sigma$ - $\varepsilon$ , характеризующая упрочнение элементарных объемов стержня, имела два максимума, наблюдалась распространяющаяся (бегающая) шейка, затем возникала вторая (встречная) шейка, при этом дальнейшее растяжение приводило к еще одной локализации деформации образца, в которой происходило разрушение материала. Более сложная форма кривой  $\sigma$ - $\varepsilon$ , имеющая осциллирующий характер, приводила к формированию множественных бегающих шеек. Распространяясь вдоль образца, движение шеек приводит, в конечном счете, к однородной картине деформации стержня, а также позволяет достичь значений деформации, наблюдаемых при сверхпластичности.

В результате проведенных расчетов были выяснены условия, характеризующие механическое поведение элемента деформационной среды, при которых пластическая деформация при растяжении осуществляется в режиме сверхпластичности.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FEMN-2020-0004).*

1. Старенченко В.А., Валуйская Л.А., Фахрутдинова Я.Д., Соловьева Ю.В., Белов Н.Н. Исследование процессов локализации пластической деформации методом компьютерного моделирования // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55 – № 2. – С. 76-87.
2. Demirtas M., Kawasaki M., Yanar H., Purcek G. High temperature superplasticity and deformation behavior of naturally aged Zn-Al alloys with different phase compositions // Materials Science & Engineering A. – 2018. – No. 730. – P. 73-83.
3. Demirtas M., Purcek G., Yanar H., Zhang Z.J., Zhang Z.F. Effect of different processes on lamellar-free ultrafine grain formation, room temperature superplasticity and fracture mode of Zn-22Al alloy // Journal of Alloys and Compounds. – 2016. – No. 663. – P. 775-783.