

УДК 620.1:621.646.94

О МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ВЫСОКОПОРИСТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

© 2011 г.

В.В. Селиванов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

mva_2805@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Рассмотрены механические свойства высокопористых металлов, а также результаты испытаний на сжатие высокопористого ячеистого алюминия на основе литейного сплава АК7, которые близки к идеализированной диаграмме деформирования высокопористого металла. Показаны аналогия диаграмм деформирования силовым характеристикам амортизаторов удара, а также возможность расчетной оценки амортизирующих характеристик высокопористых металлов в виде удельной и эффективной энергии поглощения удара.

Ключевые слова: высокопористые металлы, алюминиевые сплавы, механические свойства, амортизатор удара, энергия поглощения удара.

В большинстве случаев механические характеристики высокопористых металлов, в том числе и на основе алюминиевых сплавов, имеющих начальную пористость от 1.2 до 8.0 [1] (частное от деления величины плотности материала матрицы – твердой фазы, сплошного или компактного материала – на величину начальной средней плотности пористой среды), получают при испытаниях на сжатие при упругопластических деформациях и деформациях пластического уплотнения. Идеализированная диаграмма деформирования (рис. 1) высокопористых металлов при сжатии в общем случае содержит характерные стадии: линейную упругую 1, нелинейную упругую 2; уплотнительно-пластическую 3 и пластическую 4 [2, 3], но во многих работах [1, 4–9] нелинейную упругую стадию 2 исключают (трехстадийная диаграмма). Некоторые высокопористые алюминиевые сплавы имеют диаграммы деформирования, которые близки к идеализированной при начальной пористости от 2.31 до 3.06 [5, 6], от 3.7 до 7.1 [7], от 5.88 до 9.10 [8].

Представленные на рис. 2а–в диаграммы деформирования ячеистого алюминия на основе литейного алюминиевого сплава АК7 независимо от начальной пористости и размера сферических пор практически соответствуют трехстадийной идеализированной диаграмме деформирования (рис. 2г). На рис. 2 показаны случаи: а – начальная пористость 3.06, диаметр пор 6 мм, б – начальная пористость 2.57, диаметр пор 6 мм, в – пористость 2.3, диаметр пор 4 мм. Большинство известных высокопористых алюминиевых сплавов имеют диаграммы деформирования с упрочнением на уплотнительно-пластической стадии, что нежелательно для эффективного ослабления (изоляции) ударных воздействий. Очевидно, что каждая стадия трехстадийной диаграммы деформирования (рис. 2г) соответствует амортизатору-аналогу [10]. На рис. 3 показаны типичные силовые характеристики амортизатора удара: а – амортизатор с постоянной жесткостью без начальной затяжки; б – идеальный амортизатор; в – амортизатор с «жесткой» нелинейной характеристикой.

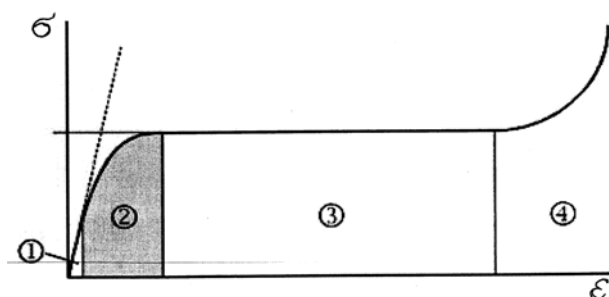


Рис. 1

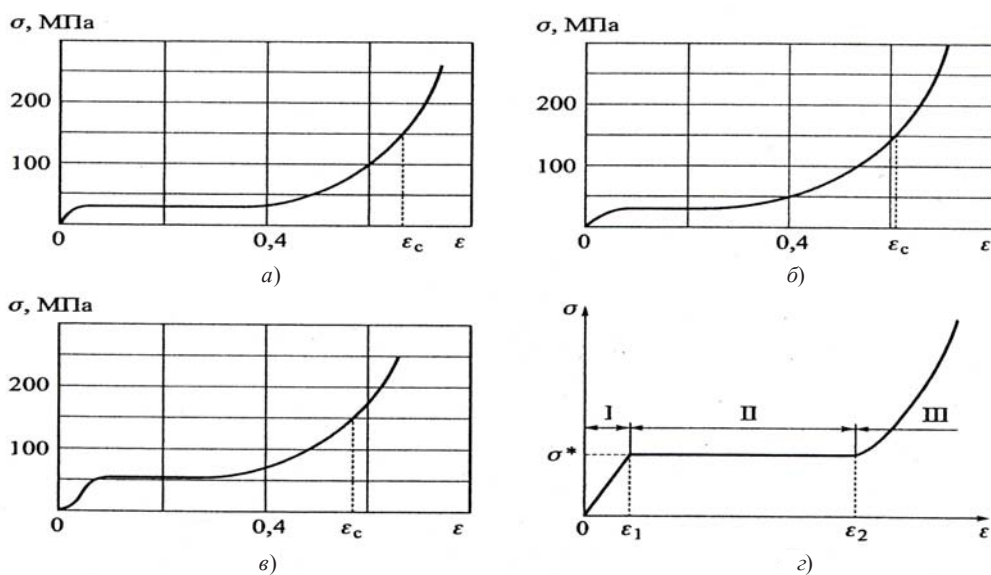


Рис. 2

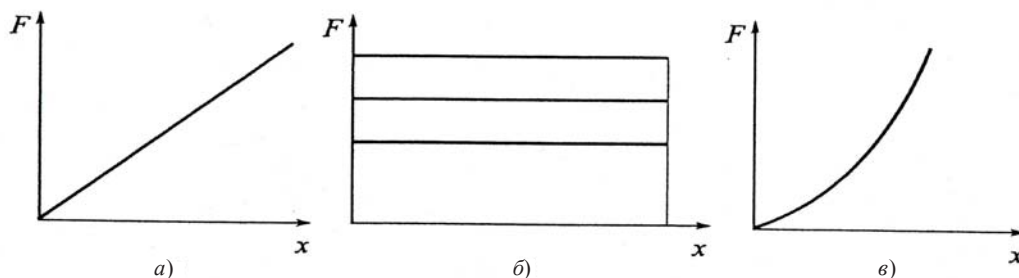


Рис. 3

Кроме качественного анализа, на основе известных диаграмм деформирования высокопористых металлов возможен расчет амортизирующих характеристик в виде удельной энергии поглощения удара A и эффективной энергии поглощения удара E [5–7], E аналогична коэффициенту полноты поглощения удара, который широко применяется при расчете амортизаторов удара [10]:

$$A = \int_0^{\epsilon_{\max}} \sigma d\epsilon; \quad E = \int_0^{\epsilon_{\max}} \sigma d\epsilon (\sigma_{\max} \epsilon_{\max})^{-1}.$$

Можно отметить, что представленные результаты исследований деформирования высокопористых алюминиевых сплавов показывают их относительно эффективные амортизирующие качества, что объясняет повышенный интерес к ним в настоящее время и попытки их широкого применения в системах пассивной безопасности транспортных средств.

В работе по подготовке материалов приняли участие В.А. Марков, А.Ф. Овчинников, В.И. Пусев.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №11-08-01222-а) и АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект №2.1.2/4340).

Список литературы

1. Гусаров А.П. и др. Экспериментальная оценка определяющих уравнений высокопористых металлов // *Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред: Матер. XIV Междунар. симпозиума им. А.Г. Горшкова. Ярополец, 18–22 февраля 2008 г. М.: Изд-во МАИ, 2008. Т. 2. С. 72–83.*
2. Ashby M.F., Tianjian L. Metal foams: a survey // *Sci. of China. Ser. B. 2003. Vol. 46, No 6. P. 522–532.*
3. Ochner A., Kuhn G., Gracio G. Investigation of cellular solids under biaxial stress strain // *Exp. Mech. 2005. Vol. 45, No 4. P. 325–330.*
4. Овчинников А.Ф., Пусев В.И., Гусаров А.П. Механические свойства пористых объемно-перфорированных алюминиевых сплавов // *Научно-технич. конф. к 170-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана: Тез. докл. В 2-х т. Москва, 21–23 ноября 2000 г. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. Т. 1. С. 157.*
5. Гусаров А.П. и др. Механические и амортизирующие свойства высокопористого ячеистого алюминия // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2009. №1(74). С. 58–66.*
6. Гусаров А.П. и др. О механических и амортизирующих свойствах ячеистого алюминия при сжатии и вторичном нагружении // *Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред: Матер. XIV Междунар. симпозиума им. А.Г. Горшкова. Ярополец, 18–22 февраля 2008 г. М.: Изд-во МАИ, 2008. Т. 2. С. 72–83.*

шкова. Ярополец, 16–20 февраля 2009 г. М.: Типография «Парадиз», 2009. Т. 2. С. 84–93.

7. Wei P., Liu L. Influence of density on compressive properties and energy absorption of foamed aluminium alloy // J. of Wuhan Univ. of Techn. Mater. Sci. 2007. Vol. 22, No 2. P. 225–228.

8. Yu J.L., Li J.R., Hu S.S. Strain-rate effect and micro-

structural optimization of cellular metals // Mech. of Materials. 2006. Vol. 38, No 1-2. P. 160–170.

9. London G.S. et al. Fracture of aluminium foam core sacrificial cladding subjected to air-blast loading // Int. J. of Imp. Engng. 2010. Vol. 37, No 6. P. 638–651.

10. Никольский Л.Н., Кеглин Б.Г. Амортизаторы удара подвижного состава. М.: Машиностроение, 1986.

ON THE MECHANIC PROPERTIES OF HIGHLY POROUS ALUMINUM ALLOYS

V.V. Selivanov

Mechanical properties of highly porous metals, as well as experimental results on the compression of highly porous cell aluminium based on the AK7 cast alloy, which are close to ideal deformation diagram of a highly porous material are considered. An analogy between deformation diagrams of highly porous metals and force characteristics of impact dampers is shown; a possibility of calculating estimate damper characteristics of highly porous materials, such as unit and effective impact absorption energy, is also shown.

Keywords: highly porous metals, aluminium alloys, mechanical properties, impact damper, impact absorption energy.