

УДК 539.5

## ОБ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ И РАЗДЕЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОГО ПОЛЯ И МЕХАНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

© 2011 г.

*А.В. Коломиец-Романенко*

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва

oracle04\_08\_84@mail.ru

*Поступила в редакцию 24.08.2011*

Рассмотрен материал, состоящий из периодически распределенных представительных элементов с дефектами различного типа (цилиндрические микропоры, плоские микротрещины). Исследовано одновременное и раздельное электротермодинамическое воздействие с учетом изменения в материале структуры микродефектов. Основным результатом является обнаружение на начальном этапе схлопывания и зарастания микродефектов в материале при пропускании электрического тока и локализации термонапряжений между дефектами, что приводит к упрочнению материала. На следующем этапе из-за локализации температуры в окрестности концов микротрещин и выплавления материала происходит увеличение его пористости. Показано, что на образовавшихся круговых цилиндрических дефектах под действием электрического тока возникает слабая концентрация температуры, в то время как для плоских разрезов (микротрещин) эта концентрация существенна. Дальнейшее воздействие электрическим током на представительный элемент с цилиндрическими дефектами не приводит к их закрытию вследствие малости сжимающих перемещений. Такой результат повторяется и на образце с упорядоченной структурой представительных элементов. Это явление приводит к увеличению прочности образца, а за счет термического воздействия электрического тока приводит к температурному разупрочнению исследуемого материала. В материале с упорядоченной структурой дефектов при одновременном действии электрического поля и растяжения происходит разупрочнение и увеличение площадки текучести. Полученные результаты проясняют механизм изменения свойств термоэлектропластической модели, что позволяет вносить определенные рекомендации в технологические процессы.

*Ключевые слова:* термоэлектропластичность, прямое численное моделирование, поврежденность материала, локализация температуры электрического поля.

Исследовано термоэлектродинамическое воздействие с учетом изменения в материале структуры микродефектов. Рассмотрен представительный элемент материала, содержащий дефект в виде разреза. В [1] уже был рассмотрен материал, состоящий из периодически распределенных представительных элементов, содержащих дефекты различного типа (цилиндрические микропоры, плоские микротрещины), и было показано, что для получения качественного результата достаточно рассматривать изолированный представительный элемент. Основным результатом исследования является сравнение изменения механических свойств материала с дефектами при одновременном и раздельном действии электрического тока и механического растяжения. С другой стороны, из-за локализации температуры в окрестности

дефекта и последующего охлаждения возникает пластическое течение в этой области, что приводит к уменьшению предела текучести эффективного материала и увеличению максимально допустимой пластической деформации.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 09-01-00270-а, 10-01-92653-ИНД\_а), программы ОЭМПУ №13 и гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ НШ-3288.2010.1.*

### *Список литературы*

1. Кукуджанов В.Н., Коломиец-Романенко А.В. Исследование влияния динамического воздействия электрического тока на механические свойства материалов с упорядоченной структурой дефектов // Изв. РАН. МГТ. 2010. №3. С. 188–199.

**ON THE ELECTROPLASTIC EFFECT UNDER SIMULTANEOUS  
AND SEQUENTIAL ELECTROTHERMAL AND MECHANICAL LOADING***A.V. Kolomiets-Romanenko*

The properties of a material consisting of periodical representative elements with microdefects (cylindrical micropores, flat microcracks) are investigated. An inhomogeneous mesh of linear finite elements (of square or triangular shape) condensing near the defects is used. It was shown that, to obtain a qualitative result, it is sufficient to consider an isolated representative element. The simultaneous and separate thermoelectrical and mechanical loading is considered, taking into account microdefects of material. Cooling of the metal after the action of electric current is considered. It was found that closing of the cracks under electric pulse at the first stage of loading and after it due to thermomechanical localization on the lands of cracks and melting of the material leads to increasing the porosity. It is shown that electric current leads to weak concentrations of the temperature on the appearing circular cylindrical defects, while for planar cuts (microcracks), this concentration is very considerable. A further electric current action to the representative element with cylindrical defects does not lead to their closure due to the small concentration of temperature on round pores. This result is repeated for the sample with an ordered structure of representative elements. This phenomenon leads to an increase of the strength of the sample and to simultaneous softening of the material. In the material with the ordered structure of the defects, softening and the increase in the yield plateau takes place under a simultaneous action of electric field and tension. These results clarify the mechanism of change of material properties of the thermo-electroplastic model.

*Keywords:* thermal electrosuperplasticity, direct numerical modeling, damage of a material, electric field temperature localization.