

УДК 539.5

ДЕФОРМИРОВАНИЕ, ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ И РАЗРУШЕНИЕ СРЕД И МАТЕРИАЛОВ С ДЕФЕКТАМИ И СО СТРУКТУРАМИ ДЕФЕКТОВ

© 2011 г.

В.Н. Кукуджанов

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

kukudz@ipmnet.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Предложена микромеханическая связанная модель упруговязкопластического деформирования с учетом поврежденности для общего случая напряженно-деформированного состояния (НДС). Модель обобщает дислокационную теорию пластичности Тейлора–Гилмана на случай разупрочняющегося деформирования, предшествующего разрушению. Полученные на микроуровне уравнения, с помощью качественных корреляционных соотношений между микро- и макропараметрами записываются относительно макропараметров. В результате получаются уравнения упруговязкопластичности для пористой среды с модифицированным условием пластичности Гарсона, зависящего от тензора поврежденности и коэффициента трехосности, характеризующего вид НДС. При предельном значении коэффициента трехосности происходит изменение механизма образования дефектов (микропоры сменяются высокотемпературными полосами сдвига) и условие Гарсона переходит в условие пластичности с температурным разупрочнением. Приведены примеры практических приложений предлагаемой модели.

Ключевые слова: упруговязкопластическая среда, повреждаемость, разрушение, микромеханика, коэффициент трехосности.

Установлено предельное значение коэффициента трехосности, характеризующего вид напряженно-деформированного состояния, которое определяет смену механизма разрушения пористого материала отрывом на разрушение по полосам адиабатического сдвига в сплошном разупрочняющемся упруговязкопластическом материале, подчиняющемся условию пластичности типа Мизеса с температурным разупрочнением в форме Джонсона–Кука. Доказана корректность полученной системы уравнений и выполнение постулата устойчивости материала Дракера.

Предложен новый эффективный численный метод решения определяющих уравнений на разных этапах деформирования, поврежденности и разрушения упруговязкопластического материала при разных механизмах разрушения в зависимости от коэффициента трехосности.

Выполнено прямое численное моделирование материалов, состоящих из представительных элементов с разными видами дефектов: дислокации, микротрещины, поры, полосы сдвига. Структура дефектов может задаваться изначально либо образовываться и эволюционировать в результате внешнего термомеханического и электродинамического воздействия на материал с начальной структурой дефектов.

В результате воздействия возникают новые структуры, которые приводят к изменению термомеханических свойств материала. Внешнее воздействие подбирается так, чтобы новая структура приводила к нужным изменениям свойств: повышению сопротивления, повышению пластичности материала (достижению сверхпластичности, необходимой для процессов обработки труднодеформируемых материалов), а также других желательных свойств.

Приведено решение задачи об изменении структуры периодически расположенных микротрещин в первоначальном состоянии при воздействии на образец электрического тока, которое приводит к схлопыванию микротрещин и одновременному образованию пор на концах трещины (за счет сильной концентрации электрического поля и, соответственно, температуры). Температура может достигать температуры плавления и приводит к выплавлению материала в виде сферических пор. Такая структура новых дефектов приводит, как показывает моделирование, к весьма существенному росту пластических деформаций – сверхпластичности. Таким образом, изменение внутренней структуры материала под интенсивным воздействием электрического поля приводит к объяснению эффекта сверхпластичности.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №09-01-00270-а, 10-01-92653-ИНД_а), в рамках Программы ОЭМПУ №13 и гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ НШ-3288.2010.1.

Список литературы

1. Кукуджанов В.Н. Термомикромеханическая

связанная модель пластичности, поврежденности и разрушения // Упругость и неупругость. М.: МГУ, 2011. С. 379–384.

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

**DAMAGE AND FRACTURE OF CONTINUUM MEDIA AND MATERIALS
WITH DEFECTS AND STRUCTURES OF DEFECTS**

V.N. Kukudzhanov

A micromechanical coupled model of elastoviscoplastic deformation taking into account damage is suggested for a general stress-strain case. The model generalizes the dislocation theory of plasticity of Taylor and Gilman for the case of a softening material which a preceding fracture process. The micromechanical equations transferred to macromechanical equations using qualitative correlation relations between micro- and macroparameters. As the result we obtained the elastoviscoplastic equations for the porosity medium based on modification Gurson plasticity condition, which depend on the triaxiality coefficient. For the limiting value of the triaxiality coefficient, the change of the mechanism of the generating defects takes place (micropores are transformed to high temperature shear bands) and as the results yield condition of Gurson is transformed to Mises condition with temperature softening. Some practical examples of the applications of the suggested model are considered.

Keywords: elastoviscoplastic media, damage, fracture, micromechanical mechanism, triaxiality coefficient.