

КРИТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

О. Б. Наймарк

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, Россия

Экспериментальные исследования поведения конденсированных сред в широком диапазоне интенсивностей нагружения показывают ограниченность предположения о «адиабатическом подчинении» механических свойств структурным переменным, отражающих поведение дефектов. Процессы деформации при ударно-волновом и динамическом нагружении характеризуются близкими временами нагружения к временам развития дефектов, структурной релаксации, стадийности зарождения трещин и их распространения. Это предполагает рассмотрение процесса деформирования и разрушения, обоснование термодинамики в терминах структурных переменных, характеризующих дефекты, связь термодинамики с релаксационными свойствами и стадийностью развития разрушения.

Развитая в [1] статистическая термодинамика сред с дефектами (микротрещинами, микросдвигами) установила вид термодинамического потенциала (неравновесной свободной энергии) в зависимости от внутренних переменных: деформации, индуцированной дефектами, и параметра структурного скейлинга, определяющего взаимодействие дефектов. Анализ кинетики дефектов с учетом нелинейности термодинамического потенциала показал связь коллективных мод ансамблей дефектов (автоволновых структур и диссипативных структур обострения), имеющих природу автомодельных решений, с механизмами локализации пластического течения и стадийностью поврежденности, зарождения и распространения трещин [2, 3].

Экспериментально подтверждена связь степенной универсальности пластических волновых фронтов, механизмов разрушения «адиабатическим сдвигом», кинетики распространения усталостных трещин при гига- и многоцикловом нагружении в металлах и сплавах, статистики фрагментации керамик с установленными типами коллективных мод [1]. Количественный анализ морфологии поверхностей разрушения определил структурные масштабы, соответствующие типам автомодельных решений, и зависимость параметров моделей от структурных инвариантов для различных стадий деформирования и разрушения материалов. Исследовано влияние коллективных мод дефектов на формирование упруго-пластических фронтов в металлах, механизм «релаксации» упругого предвестника; анализируется связь с термодинамикой инертных и энергетических материалов [2]. Развиты методы многомасштабного анализа структурных изменений, обусловленных дефектами, с использованием данных рентгеновской томографии применительно к широкодиапазонному моделированию поведения материалов.

Широкодиапазонное моделирование поведения материалов проведено с использованием неравновесного термодинамического потенциала (свободной энергии) и эволюционных уравнений, учитывающих влияние дефектов (микросдвигов, микротрещин) и их коллективных мод на механизмы релаксации и разрушение. Параметры уравнений определены на основе квазистатических, динамических, усталостных и ударно-волновых экспериментов, сопоставлением с масштабными инвариантами морфологии поверхностей разрушения и данными рентгеновской томографии. Показана связь автомодельной природы коллективных мод дефектов со степенной универсальностью пластических волновых фронтов, стадийностью разрушения «адиабатическим сдвигом».

Литература

1. **Naimark, O. B.** Defect induced transitions as mechanisms of plasticity and failure in multifield continua [Text] / Advances in multifield theories of continua with substructure ; ed. G. Capriz, P. Mariano. – Boston : Birkhauser, 2004. – P. 75–114.
2. **Bannikov, M.** Damage-failure transition under consecutive dynamic and very high cycle fatigue loads [Text] / M. Bannikov, V. Oborin, Yu. Bayandin Et al. // Journal of Applied Physics. – 2022. – Vol. 131. – P. 135902. <https://doi.org/10.1063/5.0085348>.
3. **Naimark, O.** Critical Dynamics of Damage-Failure Transition in Wide Range of Load Intensity [Text] / O. Naimark, Yu. Bayandin, S. Uvarov et al. // Acta Mechanica. – 2021. – Vol. 232. – P. 1943–1959. <https://doi.org/10.1007/s00707-020-02922-1>.