

УДК 539.3

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ КВАЗИХРУПКОГО И КВАЗИВЯЗКОГО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕОБХОДИМЫХ И ДОСТАТОЧНЫХ КРИТЕРИЕВ

© 2011 г.

В.Д. Кургузов

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск

kurguzov@hydro.nsc.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Рассматриваются материалы с регулярной структурой, которые имеют квазихрупкий или квазивязкий тип разрушения, причем характерный линейный размер r_1 структурного элемента известен. При построении необходимых и достаточных критериев разрушения используется подход Нейбера–Новожилова [1–5].

Ключевые слова: квазихрупкое и квазивязкое разрушение, необходимые и достаточные критерии, зона предразрушения.

Предложена модификация модели Леонова – Панасюка – Дагдейла [6, 7] для трещины нормального отрыва, когда поперечник зоны предразрушения совпадает с поперечником зоны пластичности. Выведены простые соотношения для критических параметров квазихрупкого разрушения: растягивающих напряжений, длин зон предразрушения, коэффициентов интенсивности напряжений. Полученные соотношения допускают рассмотрение процесса разрушения материала, когда длина трещины пренебрежимо мала. Модификация модели Леонова – Панасюка – Дагдейла, свелась к тому, что, в отличие от классической модели, у зоны предразрушения кроме длины появился поперечник. Появление лишнего параметра позволило оценить разрушение структуры зоны предразрушения, ближайшей к середине реальной трещины, привлекая информацию о параметрах стандартной σ – ϵ диаграммы материала [4]. Построенные достаточные критерии [3–5] допускают предельный переход к необходимым критериям, когда длина зоны предразрушения стремится к нулю.

В широком диапазоне изменения длин трещин построена диаграмма разрушения, в которой используются критические напряжения по обоим критериям. Критический коэффициент интенсивности напряжений, полученный по достаточному критерию разрушения, вычисляется в рамках модели по диаметру зерна, модулю упругости и по предельному относительному удлинению материала. На рис. 1 изображены две кривые разрушения в двойных логарифмических координатах: кривая 1 построена по необходимому критерию, кривая 2 – по достаточному критерию.

Получена оценочная диаграмма разрушения, которая характеризует состояние нелинейной системы на плоскости $(2l_0/r_1, \sigma)$.

Эта плоскость кривыми 1 и 2 разбивается на три области: первая область I расположена левее и ниже кривой 1, вторая область II заключена между кривыми 1 и 2, третья область III расположена правее и выше кривой 2. В первой из областей длина исходной трещины не меняется (трещина устойчива), во второй области длина исходной трещины увеличивается на длину зоны предразрушения (трещина подрастает, оставаясь устойчивой), в третьей длина исходной трещины увеличивается катастрофически (трещина неустойчива). Предлагаемая оценочная диаграмма разрушения хорошо согласуется с результатами экспериментов, приведенными в работе [8].

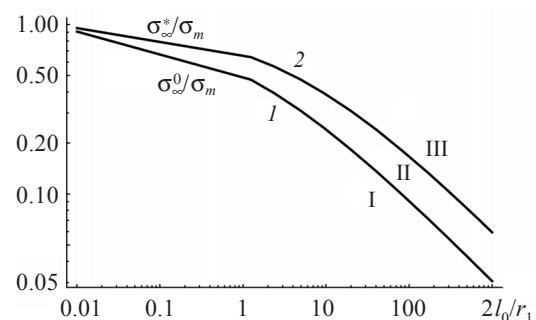


Рис. 1

Методом конечных элементов в рамках теории больших пластических деформаций решена задача о растяжении пластины с центральной трещиной; найдены размеры и форма пластической зоны в окрестности вершины трещины при разных уровнях нагружения, соответствующих ква-

зихрупкому и квазивязкому типам разрушения. Ширина пластины $2w = 100$ мм, длина трещины $2l_0$ варьировалась в пределах от 4 до 90 мм. На рис. 2 показана зона пластичности в окрестности вершины трещины. В силу наличия двух плоскостей симметрии моделируется четверть пластины, трещина $l_0 = 15$ мм расположена слева внизу. Анализ полученных результатов позволил оценить поперечник зоны предразрушения и критическое раскрытие трещины.

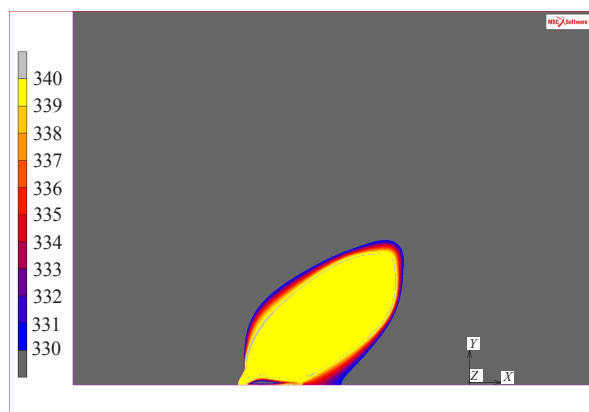


Рис. 2

Соавтором работы является В.М. Корнев (Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №10-08-00220) и в рамках проекта №22.16, входящего в программу Президиума РАН.

Список литературы

1. Корнев В.М. // ПМТФ. 2000. Т. 41, №2. С. 177–187.
2. Корнев В.М. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2000. Т. 40, №5. С. 7–16.
3. Корнев В.М. // ПМТФ. 2002. Т. 43, №5. С. 153–161.
4. Корнев В.М. // Физическая мезомеханика. 2004. Т. 7, №3. С. 53–62.
5. Kornev V.M., Kurguzov V.D. // Engineering Fracture Mechanics. 2008. V. 75, No 5. P. 1099–1113.
6. Леонов М.Я., Панасюк В.В. // Прикл. механика. 1959. Т. 5, №4. С. 391–401.
7. Dugdale D.S. // J. Mech. Phys. Solids. 1960. V. 8. P. 100–104.
8. Taylor D. // Engineering Fracture Mechanics. 2008. V. 75, No 5. P. 1696–1705.

CONSTRUCTION OF DIAGRAMS OF QUASI-BRITTLE AND QUASI-DUCTILE FRACTURE OF MATERIALS ON THE BASIS OF NECESSARY AND SUFFICIENT CRITERIA

V.D. Kurguzov

Materials with a regular structure having quasi-brittle or quasi-ductile fracture types are considered, the specific linear size being known for every structural size. For deriving necessary and sufficient fracture criteria, the Neuber–Novozhilov approach is used.

Keywords: quasi-brittle and quasi-ductile fracture, necessary and sufficient criteria, pre-fracture zone.