Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

С. А. Шамрай, С. Л. Степанов, О пересчете кривых нагружения с ниспадающей ветвью в диаграмме $\sigma - \varepsilon$, *Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки*, 2006, выпуск 43, 185–186

DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu474>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.224.187.69

26 апреля 2023 г., 16:34:37

О ПЕРЕСЧЕТЕ КРИВЫХ НАГРУЖЕНИЯ С НИСПАДАЮЩЕЙ ВЕТВЬЮ В ДИАГРАММЕ $\sigma - \epsilon$

Проведен анализ графика кривой упрочнения с ниспадающей ветвью. Показан алгоритм пересчета кривой упрочнения с учетом частичного разрушения материала.

В справочной литературе при описании механических характеристик конструкционных материалов часто встречается графики кривых упрочнения с ниспадающей ветвью диаграммы $\sigma - \epsilon$, что соответствует разупрочнению материала (или его частичного разрушения). Ниже предлагается подход к пересчету кривых упрочнения с учетом частичного разрушения материала, основанный на работах [1–2].

Пусть в результате экспериментальных исследований получена диаграмма $\sigma - \epsilon$ (рис.1. а).

Р и с. 1. Кривая упрочнения: а — ниспадающая ветвь; б — ниспадающая ветвь, продолженная аппроксимацией; в — кривая упрочнения при пересчете с учетом трещины

Будем предполагать следующую модель поведения образца (плоский образец шириной $2r$, толщиной — 1, рис. 2): а) на первом этапе при $\epsilon \in [0; \epsilon_{**}]$ материал полосы деформируется однородно; б) в конце первого этапа внутри образца образуется макротрещина и однородное деформирование образца становится невозможным, поэтому при $\epsilon \in [\epsilon_{**}; \epsilon]$ материал полосы деформируется неоднородно вдоль изолированных линий скольжения. При этом разупрочнение материала объясняется уменьшением эффективной площади поперечного сечения образца.

Р и с. 2. Деформирование материала

Алгоритм пересчета. Пусть дан график ниспадающей ветви (рис. 3). Продолжим линию аппроксимацией по параболе (рис. 4 и рис. 1, б), тогда, определяя по графику ϵ_A и ϵ_{**} и предполагая, что нам известно l_* , из формулы $\epsilon = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \left(\frac{1}{1-\psi} \right)$ получаем недостающие характеристики: $l_0 = l_* \cdot \exp(-\epsilon_A)$, $\psi_* = 1 - \exp(-\epsilon_A)$, $\delta_* = \frac{l_* - l_0}{l_0} 100\%$, $l_{**} = l_0 \times \exp(\epsilon_{**})$, $\psi_{**} = 1 - \exp(-\epsilon_{**})$, $\delta_{**} = \frac{l_{**} - l_0}{l_0}$.

Р и с. 3. Кривые упрочнения при растяжении отожженного алюминия с диаметром зерна $d_3 = 150$ мкм; $(+22)^\circ \text{C}$ (Kriol Hugo, Macherauch Eckard)

Предположим, что $l_0 = 5,65 \cdot \sqrt{F_0}$ (ГОСТ 1497–84. Металлы. Методы испытания на растяжение. Пункт 1.8.). Тогда $r_0 = \frac{l_0^2}{2,5,65^2}$. Из соотношения $l_{**} \cdot r_{**} = l_0 \cdot r_0$ имеем $r_{**} = \frac{l_0 \cdot r_0}{l_{**}}$. Далее по формулам, приведенным в монографии [1] (§ 2.7. Определение констант разрушения на основе

Р и с. 4. Ниспадающая ветвь, продолженная аппроксимацией

Р и с. 5. Кривые упрочнения при растяжении отожженного алюминия с диаметром зерна $d_3 = 150$ мкм или температуре $+22^\circ\text{C}$ с учетом частичного разрушения материала

испытаний плоских образцов), определяем пластические константы разрушения E_{**} , E_* , W_{**} , W_* .

На отрезке времени, когда $l \in [l_{**}; l_*]$, появляется еще одна эффективная характеристика: ширина $r_{\text{ef}} = r - r_{\text{тр}}$, где r — текущая половина ширины пластины; $r_{\text{тр}}$ — половина ширины трещины. При $l = l_{**}$ имеем $r_{\text{ef}} = r_{**} = r$, а при $l = l_*$ — $r_{\text{ef}} = 0$.

Соответственно эффективная площадь поперечного сечения пластины принимает значение: $F_{\text{ef}} = 1 \cdot 2 \cdot r_{\text{ef}} = 1 \cdot 2 \cdot (r - r_{\text{тр}})$.

Сделаем перерасчет кривой упрочнения относительно эффективной площади: так как $F_{\text{ef}} \rightarrow 0$, а напряжение течения вычисляется по формуле $\sigma_s = \frac{P}{F_{\text{ef}}}$, то при данном деформирующем усилии P напряжение течения σ_s будет не уменьшаться, а увеличиваться.

Соответственно получаем график представленный на рис. 5 (или рис. 1, в).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хромов А. И., Козлова О. В. Разрушение жесткопластических тел. Константы разрушения. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 159 с.
2. Пластические константы разрушения: Учеб. пособие / О. В. Козлова, А. П. Наумкин, А. И. Хромов, С. А. Шамрай. — Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2005. — 52 с.

Поступила 5.07.2006 г.

УДК 539.3

С. Л. Степанов

ИССЛЕДОВАНИЕ СХОДИМОСТИ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

Рассматриваются вопросы разрешимости и сходимости решения неоднородных уравнений Фредгольма второго рода с логарифмическим ядром, возникающих в задачах механики разрушения при моделировании пластических эффектов у вершин трещин с использованием подходов теории жесткопластического тела.

Для плоского напряженного состояния известно модельное представление пластических областей у вершин трещины как узких, вытянутых вдоль линии трещины зон, в которых действуют постоянные напряжения, равные пределу текучести $p(x) = \sigma_s$. Такое модельное представление называется моделью Леонова–Панасюка–Дагдейла или КРТ–моделью (КРТ — критическое раскрытие трещины). Использование в задачах механики разрушения для сквозных и несквозных трещин (царапин) некоторых решений теории жесткопластического тела приводит к граничным условиям, в которых в пластических зонах и на контуре трещины вместо известного распределения напряжений $p(x) = \sigma(x)$ задается связь между напряжениями в пластических зонах и на берегах трещины и смещениями этих берегов в виде: