

$$du - vd\theta + V_r \frac{dS_\alpha}{2r} = 0 \quad (\alpha - \text{линия}),$$

$$dv + ud\theta + V_r \frac{dS_\beta}{2r} = 0 \quad (\beta - \text{линия}).$$

Интегрируя систему уравнений (2), можно получить распределение деформаций в окрестности точки A .

Библиографический список

1. Хромов, А.И. Концентраторы деформаций / А.И. Хромов, А.А. Буханько, С.Л. Степанов // Доклады Академии наук. – 2006. – Т. 407, № 6. – С. 777-781.

2. Хромов, А.И. Деформация и разрушение жесткопластических тел / А.И. Хро-

мов. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 181 с.

3. Шацкий, А.Н. Метод расчета предельных пластических деформаций в зоне углового концентратора / А.Н. Шацкий, Я.Ю. Григорьев, О.В. Патлина // Вестник СГАУ. – Самара: СГАУ, 2006. – Ч. 2. – С. 319-322.

4. Григорьев, Я.Ю. О расчете предельных пластических деформаций в зоне углового выреза / Я.Ю. Григорьев, О.В. Патлина, А.Н. Шацкий // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки, 2007. – № 1(14). – С. 161-164.

УДК 539.3

ЗАРОЖДЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ В ОКРЕСТНОСТИ УГЛОВОГО ВЫРЕЗА

Кочеров Е.П.¹, Буханько А.А.²

¹ОАО «Кузнецов», г. Самара

²Самарский государственный аэрокосмический университет

FATIGUE CRACK INITIATION IN THE NEIGHBORHOOD OF AN ANGULAR NOTCH
Kotcherov E.P., Bukhanko A.A. The model of plastic flow without fracture in the neighborhood of an angular notch is suggested. This model allows describing dissipative processes that lead to the crack initiation in low-cycle fatigue.

Рассматривается повторно статическое нагружение материала в окрестности углового выреза. Поведение материала моделируется составным телом: внешняя часть материала считается упругопластической и напряженно-деформированное состояние в ней рассчитывается численным методом (например, с помощью пакета ANSYS), внутренняя часть предполагается жесткопластической и напряженно-деформированное состояние описывается аналитически. Такой подход исключает сингулярность полей напряжений и деформаций в окрестности вершины выреза.

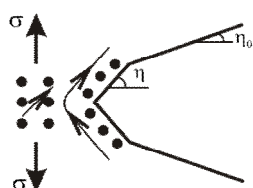


Рис. 1. Схема движения частиц материала

На рис. 1 представлена схема движения частиц материала в окрестности вершины выреза. Это несимметричное движение частиц со смещением с одного бе-

рега на другой, которые соответствуют смещению углового выреза вверх или вниз. Такое пластическое течение не приводит к разрушению материала, т.е. к выходу внутренних частиц на свободную поверхность. На рис. 2 представлено поле линий скольжения, определяющее это пластическое течение. Линия скольжения AE здесь является линией разрыва скоростей перемещений, поэтому после пересечения веера EAF частица испытывает дополнительные пластические деформации и дополнительно рассеивает работу внутренних сил. Подобное пластическое течение рассмотрено в работах [1,2]. Под зарождением трещины понимается пластическое течение в окрестности углового выреза (или остановившейся трещины), в результате которого материал в рассматриваемой области доводится до предельного состояния, соответствующего точке максимального упрочнения.

Зарождение трещины происходит согласно основной гипотезе разрушения материала при малоциклового усталости. Этот подход объединяет формулу Коффина-Мэнсона и ее энергетическую интерпретацию: разрушение материала происходит вследствие работы внутренних сил на пластических деформациях, связанных с упрочнением материала. В пределах каждого цикла нагружения материал считается жесткопластическим, и общая диссипация работы внутренних сил рассчитывается согласно работам [3,4]:

$$\frac{W}{2k} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_k} \left(\frac{\partial v}{\partial \varphi} + u \right) d\varphi + \frac{[V_\tau]}{2(G + V_n)},$$

где $[V_\tau]$, V_n - разрыв касательной и нормальная составляющая скорости частиц на линии раздела областей; G - нормальная скорость движения линии раздела областей; u , v - проекции скорости движения частиц на ли-

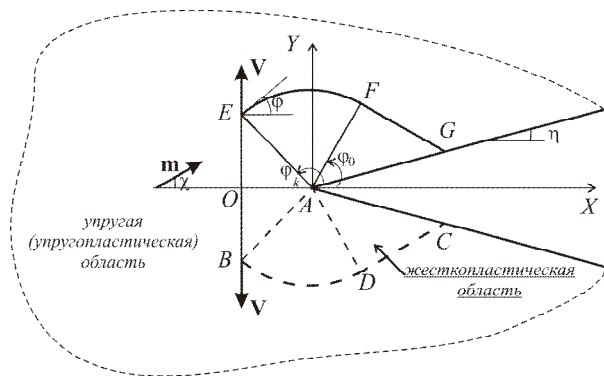


Рис. 2. Поле линий скольжения

нии скольжения; φ - направленный против движения часовой стрелки угол наклона характеристик семейства α к оси абсцисс. Эти величины определяются из совместного решения внутренней и внешней задач. Для определения поля скоростей в системе координат, связанной с вершиной углового выреза (точка A), необходимо знать скорость движения вершины выреза $\mathbf{m} = m_x \mathbf{i} + m_y \mathbf{j}$, кото-

рая в рассматриваемом пластическом течении определяется соотношениями, [2]

$$m_x = \frac{1 + \cos \eta}{\sin(\chi - \eta)} \cos \chi, \quad m_y = \frac{1 + \cos \eta}{\sin(\chi - \eta)} \sin \chi,$$

где χ - угол, характеризующий направление движения центра веера линий скольжения (точка A), определяемый из условия сохранения угла наклона вновь образующейся свободной поверхности:

$$\frac{1 + \cos \eta}{\sin(\chi - \eta)} [\cos \chi \operatorname{tg} \eta + \sin \chi] + 1 = 0.$$

Часть работы внутренних сил W_i , соответствующая упрочнению материала в пределах цикла, вызывает повреждение материала и его упрочнение, которое учитывается при переходе от цикла к циклу. Зарождение трещины происходит, когда суммарная работа внутренних сил за N циклов достигает критического значения:

$$\sum_{i=1}^N W_i = W_{кр}.$$

Библиографический список

1. Хромов, А.И. Концентраторы деформаций / А.И. Хромов, А.А. Буханько, С.Л. Степанов // Доклады Академии наук. - 2006. - Т. 407, № 6. - С. 777-781.
2. Буханько, А.А. Растяжение полосы с V-образными вырезами и разрушение пластических тел / А.А. Буханько, С.Л. Степанов, А.И. Хромов // Известия РАН. МТТ. - 2007. - №.3. - С. 177-186.
3. Хромов, А.И. Пластические константы разрушения / А.И. Хромов, А.А. Буханько, О.В. Козлова, С.Л. Степанов // ПМТФ. - 2006. - Т. 47, № 2. - С. 147-155.
4. Буханько, А. А. Адиабатическое распределение диссипации энергии в окрестности центра веера характеристик / А.А. Буханько, Е.П. Кочеров, В.А. Самойлов // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. физ.-мат. науки, 2009. - № 2(19). - С. 252-256.