

# ТОНКОСТЕННЫЕ ПЛАСТИНЫ И ОБОЛОЧКИ С ПОВЕРХНОСТНЫМИ ДЕФЕКТАМИ В УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

© 2012 Яковлев А.С., Астафьев В.И.

<sup>1</sup>Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)» (СГАУ)

## THIN-WALLED PLATES AND COVERS WITH SUPERFICIAL DEFECTS IN ELASTOPLASTIC APPROACH

© 2012 Yakowlew A.S., Astafiev V. I.

In work [1] the decision directed by Dugdale's statement for not through cracks in the thin plates which are under the influence of a stretching and a bend has been received. In the present work the similar problem for not through (part-through) cracks is considered at a stretching, but taking into account influence of displacement of a plastic zone at crack tops. The given decision is supplemented  $\delta_k$  – criterion of growth of a crack. The algorithm and computing procedure for its decision is constructed. Numerical results of the solution of a task are received, ranges of definition of a limiting condition of a plate with scratch are constructed. The received areas give the chance an assessment and forecasting of development of available superficial defects in a design, and also an assessment of bearing ability of a design and possibility of its further operation at operating operational loadings.

В работе [1] было получено решение в постановке Дагдейла для несквозных трещин в тонких пластинах, находящихся под действием растяжения и изгиба.

В настоящей работе рассматривается аналогичная задача для несквозных (поверхностных) трещин при растяжении, но с учётом влияния смещения пластической зоны при вершинах трещины.

В этом случае решена краевая задача, записанная в виде:

$$\rho(x) = \begin{cases} -P + \sigma_s \cdot \left(1 - \frac{a}{h}\right), & |x| \leq l \\ -P + \sigma_s, & l \leq |x| \leq c \\ v(x) = 0, & |x| \geq c \end{cases} \quad (1)$$

где  $P$  – внешняя нагрузка,  $\sigma_s$  – предел текучести;  $a = f(x)$  – глубина поверхностной трещины;  $v(x)$  – смещение берегов трещины и пластических зон,  $l$  – полудлина трещины,  $c$  – размер пластической зоны вдоль поверхности пластины.

Решение задачи (1) можно представить в виде:

$$v(x) = -\frac{1}{\pi \cdot E} \cdot \{(-P + \sigma_s) \cdot \int_{-c}^c \Gamma(c, x, \xi) \cdot d\xi - \sigma_s \cdot \frac{b}{h} \cdot \int_{-l}^l \Gamma(c, x, \xi) \cdot d\xi + \sigma_s \cdot \frac{b}{h \cdot l^2} \cdot \int_{-l}^l \Gamma(c, x, \xi) \cdot d\xi\}, \quad |x| \leq c \quad (2)$$

Данное решение дополняется  $\delta_c$  критерием роста трещины.

Построена вычислительная процедура для решения (2). Получены численные результаты решения задачи (1).

Предельные кривые для поверхностной и сквозной трещины в безразмерных переменных получены в виде:

$$1 - y_0 = x \cdot \left(1 - \frac{2}{\pi} \cdot \theta_0(x, \delta_*)\right), \quad \text{где}$$

$$tg \frac{\theta_0}{2} = \frac{1 - e^{-\frac{\delta_*}{x}}}{1 + e^{-\frac{\delta_*}{x}}} = th \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_*}{x}\right) \quad (3)$$

$$y_k = \frac{2}{\pi} \cdot \theta_k(\delta_*), \quad \text{где} \quad \cos \theta_k = e^{-\delta_*}, \quad \text{или}$$

$$tg^2 \frac{\theta_k}{2} = \frac{1 - e^{-\delta_*}}{1 + e^{-\delta_*}} = th \left(\frac{1}{2} \cdot \delta_*\right) \quad (4)$$

Из соотношений (3) и (4) видно, что  $y_0(1, \delta_*) = \frac{2}{\pi} \cdot \theta_0(1, \delta_*) < y_k(\delta_*) = \frac{2}{\pi} \cdot \theta_k(\delta_*)$ , т.е. линия  $y_0(x, \delta_*)$  при заданном  $\delta_*$  обязательно пересечет линию  $y_k(\delta_*)$  при каком-то  $\bar{x}$ :

$$1 - y_0(\bar{x}, \delta_*) = 1 - y_k(\bar{x}, \delta_*) \Rightarrow \bar{x} = \frac{1 - \frac{2}{\pi} \theta_k(\delta_k)}{1 - \frac{2}{\pi} \theta_k(\bar{x}, \delta_k)}$$

Численные значения величины  $\bar{x}(\delta_*)$  с учётом экспериментальных данных [4] представлены на рис. 1.

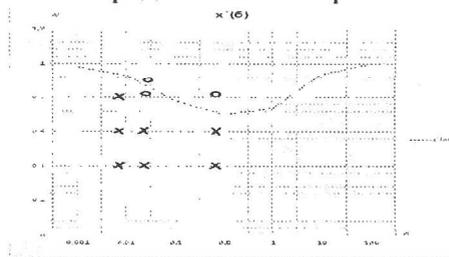


Рис. 1 – Значения величины  $\bar{x}(\delta_*)$  при различных значениях  $\delta_*$ , X – разрушение; 0 – «утечка»

Таким образом, при распространении полученных результатов с пластин на цилиндрические оболочки под внутренним давлением (с учётом поправки Фолиаса [3]) можно сделать вывод, что при  $x = a/h < \bar{x}$  проросшая на всю глубину поверхностная трещина далее не будет распространяться по всей длине стенки оболочки, находящейся под внутренним давлением (возникает «течь»),

а при  $x > \bar{x}$  продолжит своё развитие, что в итоге может привести к катастрофическому разрушению всей конструкции при напряжениях ниже предела текучести материала. Данное обстоятельство определяется критерием «утечка перед разрушением».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Civelek, M.B. Elastic-plastic problem for a part-through crack under extension and bending /M.B. Civelec, F.E. Erdogan // Int. J. of Fract. – 1982. – Vol. 20. № 1. – P. 33-46
2. Степанов С.Л., Яковлев А.С. Предельное состояние тонкой упругопластической пластины с несквозной трещиной в приближении Дагдейла // «Мат. Моделирование и краевые задачи»: Тр. 8 Всерос. научн. конф. – Самара: СамГТУ, 2011. – Ч.1: «Математические модели механики, прочности и надежности элементов конструкций». – С. 219 – 222.
3. Folias, E.S. A finite crack in a pressured cylindrical shell / E.S. Folias // Int. J. Fract. Mech. – 1965. Vol. 1. P. 104-113.
4. Даффи, А. Практические примеры расчёта на сопротивление хрупкому разрушению трубопроводов под давлением / А. Даффи, Р. Эйбер, У. Макси //Разрушение. Т.5. расчёт конструкций на хрупкую прочность.- М. Машиностроение, 1977. – С. 146-210.

## ФРИКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОКСИДОВ ЗОНЫ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

© 2012 Ярьсько С.И.

Самарский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук

## FRICIONAL PROPERTIES OF OXIDE FILMS OF LASER TREATMENT ZONE OF THE TOOL STEELS

© 2012 Yaresko S.I.

On the example of the movable contact P18 - steel 20, it is shown that a laser pulse hardening in air leads to a decrease in the coefficient of friction at about 20%.