

Д. Л. Д и л ь м а н (Челябинск, ЮУрГУ). **Анализ пластической устойчивости осевых и спиральных мягких прослоек в цилиндрической тонкостенной оболочке.**

Напряжение пластической неустойчивости (НПН) $\sigma_i^* = \beta \sigma_{\text{в}}$, где β — безразмерный коэффициент, и соответствующая этому напряжению критическая деформация ε_i^* , являются критериальными величинами, на основе которых определяются прочность оболочечных конструкций из упрочняемых материалов при их деформировании в пластической зоне, трещиностойкость и другие важные характеристики, создаются нормативные документы (у величин, соответствующих НПН, ставим звездочку). Эти величины определяются механическими свойствами материала, геометрией всей конструкции и ее характерных участков (неоднородностей, мягких прослоек (МП), дефектов и т. п.). Применительно к однородным тонкостенным цилиндрическим оболочкам они исследовались, на основе критерия Свифта–Марциньяка, в [1, 2]. Так как МП являются характерной технологической деталью многих сварных соединений, необходимо исследовать их влияние на прочность всей конструкции, в частности, возникающее в них НПН, тем более, что оно отличается от НПН в основном металле. Рассмотрим наиболее сложный и общий случай наклонных МП. Будем, для простоты, считать, что упрочнение материала МП происходит по степенному закону $\sigma_i = A \varepsilon_i^n$, где σ_i , ε_i — интенсивности напряжений и деформаций, A, n — константы материала. Тогда

$$\beta = \left(\frac{2e}{\sqrt{3}} \right)^n \left(\frac{\sqrt{B^2 + C^2 (g^*)^2}}{B \sqrt{1 - (\alpha^*)^2}} \right)^n.$$

Здесь g — коэффициент контактного упрочнения материала прослойки, $B = \cos^2 \nu + m \sin^2 \nu$, $C = (1 - m) \sin 2\nu$, ν — угол наклона МП к оси трубы, m — отношение осевого напряжения в стенке трубы к кольцевому, α — параметр нагружения, при НПН оцениваемый величиной: $\alpha^* = K - 1$. Интересно отметить, что на величину σ_i^* у наклонных МП влияют не только механические свойства материала прослойки $\sigma_{\text{в}}$ и n , но и коэффициент двухосности нагружения m , угол наклона МП ν и коэффициент контактного упрочнения K . Для прослоек, расположенных вдоль образующих (осевых),

$$\beta = \left(\frac{2e}{\sqrt{3}} \right)^n \left(\frac{1}{\sqrt{1 - (\alpha^*)^2}} \right)^n,$$

т. е. перечисленные параметры не влияют на величину НПН.

Полученные формулы позволяют вычислить критическое давление в цилиндрической тонкостенной оболочке, содержащей МП. Например, у прямошовной трубы

$$p = \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{(n+1)} \frac{\sigma_{\text{в}} t_0}{R_0} \frac{g^*}{\sqrt{1 - (\alpha^*)^2}}.$$

Отношение критических давлений у спиральношовной (с углом наклона шва 45°) и соответствующей прямошовной труб равно

$$2(1 + m)^{-n} ((1 + m)^2 + 4(1 - m)^2 g^2)^{0,5(n-1)}.$$

Отсюда видно, что при отсутствии внешних осевых нагрузок в спиральношовных трубах допустимо более высокое давление. Прямошовные трубы имеют преимущество при существенных осевых (особенно сжимающих) нагрузках, при большом контактом упрочнении.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-08-18179.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дильман В. Л. Пластическая неустойчивость тонкостенных цилиндрических оболочек. — Изв. РАН, сер. мех. тв. тела, 2005, № 4, с. 165–175.
2. Дильман В. Л. Об одной новой формуле для вычисления напряжения пластического течения при оценке допустимости коррозионных дефектов. — Обзорение прикл. и промышл. матем., 2004, т. 11, в. 2, с. 327–328.