УДК 620.171.3

Г. Козбур, О. Шкодзінський
(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя)

МОДЕЛЮВАННЯ ГРАНИЧНОГО СТАНУ ТРУБЧАТИХ ЗРАЗКІВ В УМОВАХ НАВАНТАЖЕННЯ ВНУТРІШНІМ ТИСКОМ *P* ТА ОСЬОВИМ ЗУСИЛЛЯМ *N*

Нехай, осесиметрична оболонка знаходиться під дією внутрішнього тиску p та розтягуючого зусилля N. З рівняння Лапласа $\frac{\sigma_\theta}{\rho_\theta}+\frac{\sigma_z}{\rho_z}=\frac{p}{h}$ для циліндричної оболонки ($\rho_z=\infty,\ \rho_\theta=R_B$) отримується вираз для колового напруження $\sigma_\theta=\frac{pR_B}{h}$. Меридіальне напруження має дві складових: $\sigma_z=\sigma_z^N+\sigma_z^p$, де σ_z^p - осьова складова сил тиску p.

Складові напруження σ_z знаходимо за формулами: $\sigma_z^N=\frac{N}{2\pi R_c h}$, $\sigma_z^p=\frac{\left(R_c-\frac{h}{2}\right)^2 p}{2R_c h}$,

тому остаточно отримаємо систему, що визначає два головні напруження (вважаємо σ_r=0):

$$\begin{cases} \sigma_\theta=\dfrac{p\left(R_c-\frac{h}{2}\right)}{h} \\ \sigma_z=\dfrac{N}{2\pi R_c h}+\dfrac{\left(R_c-\frac{h}{2}\right)^2 p}{2R_c h} \end{cases} \qquad (1).$$

Для великих пластичних деформацій, коли навантаження супроводжується суттєвою зміною розмірів, із системи (1) для p та N отримаємо:

$$\begin{cases} p=\dfrac{\sigma_\theta h(1+\varepsilon_r)}{R_c(1+\varepsilon_\theta)-\frac{h}{2}(1+\varepsilon_r)} \\ N=2\pi R_c(1+\varepsilon_\theta)h(1+\varepsilon_r)\left(\sigma_z-\dfrac{\left(R_c(1+\varepsilon_\theta)-\frac{h}{2}(1+\varepsilon_r)\right)^2 p}{2R_c(1+\varepsilon_\theta)h(1+\varepsilon_r)}\right) \end{cases} \qquad (2)$$

Умовами втрати стійкості процесу пластичного деформування є $dp=0$ та $dN=0$.

Із системи (2), знайшовши повні диференціали обидвох виразів та прирівнявши їх до нуля, вважаючи відношення $(1+\varepsilon_r)/(1+\varepsilon_\theta)$ близьким до одиниці та ввівши позначення $h/R_c=\mu$, отримаємо умови настання граничного стану трубчатих зразків, навантажених внутрішнім тиском та осьовим зусиллям:

$$\left(1-\frac{\mu}{2}\right)\frac{d\sigma_\theta}{\sigma_\theta}-\frac{d\varepsilon_\theta}{1+\varepsilon_\theta}+\frac{d\varepsilon_r}{1+\varepsilon_r}=0,$$

$$d\sigma_z+\left(\sigma_z+\frac{p}{2}\left(1-\frac{2}{\mu}\right)\right)\frac{d\varepsilon_\theta}{1+\varepsilon_\theta}+\left(\sigma_z+\frac{p}{2}(1-\mu)\right)\frac{d\varepsilon_r}{1+\varepsilon_r}=0.$$

Отримані диференціальні рівняння дають можливість прогнозувати настання граничного стану при деформуванні трубчастих зразків в умовах великих пластичних деформацій.