

УДК 621.81

А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., Ю.Є. Паливода, канд. техн. наук, доц.,  
В.І. Щербань

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

A. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., Y. Palyvoda, Ph.D., Assoc. Prof., V. Shcherban  
THE STUDY OF THE STRESS STATE OF TUBULAR SPIRAL BLANKS  
FORMING PROCESS

Під час навивання на оправу трубчастих циліндричних гвинтових заготовок виникають зони розтягу та стиску матеріалу відповідно на зовнішній та внутрішніх сторонах труби, при цьому встановлюється вісесиметрична деформація, що дозволяє визначити напружений стан в місцях деформацій на основі напружених станів елементарних секторів з кутами в плані  $d\gamma$  та  $d\alpha$ , на яких виникають головні напруження  $\sigma_\theta$  в коловому напрямку поперечного січення труби та  $\sigma_\alpha$  – в меридіальному напрямку в поперечному січенні оправу, на яку проходить навивання заготовки.

Проведено розгляд умови рівноваги елементарних секторів, що визначені кутами в плані  $d\gamma$  та  $d\alpha$  при малих переміщеннях заготовки в полярній системі координат. Спроековано усі сили на дотичні до секторів і прирівняно їх суму нулю. Сили, що діють на елементарні сектори, визначено як добуток напружень на відповідні площі елементів секторів. Напруження  $\sigma_\theta$  діють на площі  $f_1 = (R_1 + r \cdot \sin \gamma) d\alpha s$ ,  $\sigma_\theta + d\sigma_\theta$  - на площі  $f_2 = s(R_1 + r(\sin \gamma - d\gamma \cdot \cos \alpha))$ ,  $\sigma_\alpha$  - на площі  $f_3 = r \cdot d\gamma \cdot s \cdot \sin(d\alpha/2)$ , де  $R_1$  – середній радіус навивання трубчастої гвинтової заготовки, мм,  $r$  – середній радіус труби в поперечному січенні, мм,  $s$  – товщина стінки труби.

Складено диференціальні рівняння рівноваги для зони розтягу та стиску відповідно:

$$-\sigma_\theta (R_1 + r \cdot \sin \gamma) d\alpha \cdot s + (\sigma_\theta + d\sigma_\theta) (R_1 + r(\sin \gamma - d\gamma \cdot \cos \alpha)) s + 2\sigma_\alpha \cdot r \cdot d\gamma \cdot s \cdot \sin(d\alpha/2) = 0; \quad (1)$$

$$-\sigma_\theta \cdot s(R_1 + r(-\sin \gamma - d\gamma \cdot \cos \alpha)) + (\sigma_\theta + d\sigma_\theta) (R_1 - r \cdot \sin \gamma) s - 2\sigma_\alpha \cdot r \cdot d\gamma \cdot s \cdot \sin(d\alpha/2) = 0. \quad (2)$$

Рівняння прямої, що апроксимує криву зміцнення матеріалу навитої трубчастої гвинтової заготовки в координатах напруження - логарифмічні деформації записано у вигляді:

$$\sigma_s = \sigma_{T,0} + \Pi \ln(R_1 / (R_1 + r \sin \gamma)), \quad (3)$$

де  $\sigma_{T,0}$  - екстрапольована границя текучості матеріалу заготовки, МПа;  $\Pi$  - лінійний модуль зміцнення матеріалу заготовки, МПа.

Після перетворення рівнянь (1) та (2) з врахуванням зміцнення матеріалу заготовки одержано диференціальне рівняння для зони розтягу та стиску відповідно:

$$-\sigma_\theta (1 + \cos \gamma) + \beta \cdot \left( \sigma_{T,0} + \Pi \ln \frac{R_1}{R_1 + r \sin \gamma} \right) + \frac{d\sigma_\theta (R_1 / r + \sin \gamma)}{d\gamma} = 0; \quad (4)$$

$$\sigma_\theta (\cos \gamma - 1) + \frac{d\sigma_\theta (R_1 / r - \sin \gamma)}{d\gamma} - \beta \cdot \left( \sigma_{T,0} + \Pi \ln \frac{R_1}{R_1 + r \sin \gamma} \right) = 0. \quad (5)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт, що враховує вплив середнього головного напруження. Розв'язок рівнянь (4) та (5) проведено чисельним методом.