

УДК 539.3

## ДО ВПЛИВУ ШОРСТКОСТІ НА МІЦНІСТЬ ПРУЖНИХ ПЛІВОК

Костянтин Червінка, Тарас Нагірний

Львівський національний університет імені Івана Франка,  
University of Zielona Góra (Poland)

kostiantyn.tchervinka@lnu.edu.ua, t.nahirny@iim.uz.zgora.pl

Морфологія поверхні суттєво впливає на експлуатаційні властивості елементів конструкцій та приладів. З нею пов'язують зокрема трибологічні властивості та виникнення і поширення тріщин. Додаткова обробка поверхні, яка підвищує її чистоту, є відомим способом покращення механічних властивостей тіл в інженерній практиці. До математичних моделей, які за континуального підходу враховують приповерхневу неоднорідність густини матеріалу під час опису зв'язаних процесів (шорсткість реальної поверхні тіла), належать моделі, побудовані у термомеханіці локально неоднорідного твердого тіла [1]. За цього підходу густину матеріалу  $\rho$  розглядають як базовий параметр стану, для якого справджується рівняння

$$\nabla^2 \rho - \xi^2 (\rho - \rho^*) = -\xi^2 d_{\sigma m},$$

де  $\xi$  – параметр, який характеризує структуру матеріалу тіла,  $d_{\sigma m}$  – функція, що враховує спосіб формування поверхні,  $\rho^*$  – густина матеріалу у від-ліковому стані.

Зазвичай дослідження проводили для експоненційної функції  $d_{\sigma m}$ . Для більш точного опису закономірностей приповерхневої неоднорідності необхідно ускладнити вигляд цієї функції. З цією метою доцільно використати поняття кривої опорної поверхні (крива Аббота-Файрстоуна), котру часто використовують у трибології. Ця крива визначає відсоткову частину простору, зайняту матеріалом, на висоті біжучого профілю реальної поверхні (рис. 1), а її параметри описано в стандартах ISO та ASME. Зазначимо, що узагальненню функції  $d_{\sigma m}$  присвячена робота [2].

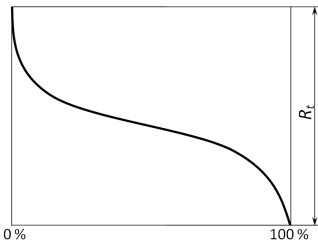


Рис. 1

Надалі вважатимемо, що на зовнішніх поверхнях розглядуваного шару (область  $x \leq l$ )

значення густини матеріалу дорівнює нулю, а для функції  $d_{\sigma m}$  приймаємо

$$d_{\sigma m} = -\rho_* \{ \exp[-(\zeta(x+l))^2] + \exp[-(\zeta(l-x))^2] \},$$

де  $\zeta, k$  – сталі, що дозволяють узгодити розподіл густини матеріалу у приповерхневій області шару з кривою Аббота-Файрстоуна.

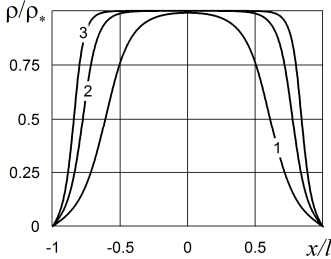


Рис. 2

Розподіл густини  $\rho/\rho_*$  у шарі для  $k = 6$ ,  $\xi l = 8, 14, 20$  (криві 1-3),  $\zeta/\xi = 0.3$  показано на рис. 2. У вузькій приповерхневій області відно закономірності, притаманні області піків профілю кривої Аббота-Файрстоуна.

Для критерію першої теорії міцності, на основі розв'язку крайової задачі, отримано вираз для значення розтягувального силового навантаження  $\sigma_c$ , що спричиняє

крихке руйнування шару

$$\sigma_c = \sigma_+ - \sigma_0 \left( \frac{\text{th } \xi l}{\xi l} - \frac{1}{\rho_* l} \int_0^l d_{\sigma m}(t) [\text{ch } \xi(t-l) + \text{th } \xi l \text{ sh } \xi(t-l) - 1] dt \right).$$

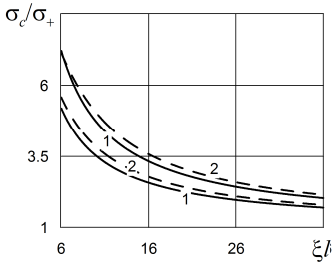


Рис. 3

Тут  $\sigma_+$  – інтенсивність навантаження, що призводить до руйнування товстого шару,  $\sigma_0$  – стала.

Проведено дослідження впливу параметрів, які характеризують приповерхневу неоднорідність густини матеріалу на  $\sigma_c$  і розмірний ефект міцності шару. Результати числового дослідження залежності  $\sigma_c/\sigma_+$  від параметра  $\xi l$  для  $\sigma_c/\sigma_+ = 8$ ,  $\zeta/\xi = 0.2, 0.3$  (суцільна та штрихова лінії),  $k = 6, 1$  (криві 1, 2) показано на рис. 3.

штрихова лінії),  $k = 6, 1$  (криві 1, 2) показано на рис. 3.

1. *Нагірний Т.С., Червінка К.А.* Основи механіки локально неоднорідних деформівних твердих тіл. – Львів: Растр-7, 2018. – 204 с.
2. *Нагірний Т.С., Червінка К.А.* Приповерхнева неоднорідність густини та шорсткість поверхні у моделі локально неоднорідного пружного тіла. В: *Мартиняк Р.* (ред.). Контактна механіка. Шорсткість, розшарування і зношування поверхонь. – Львів, 2022. – С. 354–369.

#### ON THE EFFECT OF ROUGHNESS ON THE STRENGTH OF ELASTIC FILMS

*The strength of the locally inhomogeneous elastic layer and its size effect were investigated for the distribution of material density in the near-surface region consistent with the Abbott-Firestone curve.*