

ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН В ОКОЛІ ЛОКАЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ФРИКЦІЙНОГО КОНТАКТУ

*В. Семерак, к. т. н., В. Косарчин, к. ф.-м. н.
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. У важко навантажених вузлах тертя, в яких теплоутворення особливо інтенсивне, під дією фрикційного нагрівання в матеріалі виникають температурні градієнти і, як наслідок, температурні напруження. Теплові напруження в поверхневому шарі при терті часто більші за механічні. У результаті термічних напружень на поверхнях тертя можуть виникати тріщини. Поширюючись всередину тіла, вони зумовлюють руйнування деталей. Тому з метою підвищення їх зносостійкості необхідно вміти на етапі проектування давати рекомендації щодо обмеження рівнів температури та термонапружень.

Постановка завдання. Для оцінки міцності фрикційних елементів тіл, що труться, потрібно вміти розраховувати їхній напружений стан. З цією метою представимо компоненти тензора напружень σ_{ij}^e у вигляді суми напружень σ_{ij}^e , зумовлених дією механічного навантаження, та термічних напружень σ_{ij}^{th} , що виникають у тілі внаслідок нагрівання його поверхні високошвидкісним фрикційним потоком тепла [1].

Виклад основного матеріалу. Механічні напруження в довільній точці фрикційного елемента $\sigma_{ij}^e = \sigma_{ij1}^e + \sigma_{ij2}^e$, де складові $\sigma_{ijk}^e, k = 1, 2$ знаходимо з розв'язку таких двовимірних крайових задач теорії пружності для півпростору $y \geq 0$ [2]:

$$1. \sigma_{yy1}^e = -p(x), x \in [0, 2a], \quad \sigma_{yy1}^e = 0, x \notin [0, 2a],$$

$$\sigma_{xy1}^e = 0, |x| \leq \infty, y = 0; \tag{1}$$

$$2. \sigma_{xy1}^e = -p(x), x \in [0, 2a], \quad \sigma_{xy1}^e = 0, x \notin [0, 2a],$$

$$\sigma_{yy1}^e = 0, |x| \leq \infty, y = 0, \tag{2}$$

де $p(x) = p_0 p^*(x)$ – розподіл контактного тиску.

Розв'язки крайових задач (1), (2) у безрозмірних координатах $\xi = x/(2a), \eta = y/(2a)$ мають такий вигляд [3]:

$$\begin{aligned}
\sigma_{\xi\xi 1}^e(\xi, \eta) &= -\frac{2}{\pi} p_0 \int_0^1 \frac{(\xi - \tau)^2 \eta}{[(\xi - \tau)^2 + \eta^2]^2} p^*(\tau) d\tau, \\
\sigma_{\xi\xi 2}^e(\xi, \eta) &= -\frac{2}{\pi} f p_0 \int_0^1 \frac{(\xi - \tau)^3}{[(\xi - \tau)^2 + \eta^2]^2} p^*(\tau) d\tau, \\
\sigma_{\eta\eta 1}^e(\xi, \eta) &= -\frac{2}{\pi} p_0 \int_0^1 \frac{\eta^3}{[(\xi - \tau)^2 + \eta^2]^2} p^*(\tau) d\tau, \\
\sigma_{\eta\eta 2}^e(\xi, \eta) &= -\frac{2}{\pi} f p_0 \int_0^1 \frac{(\xi - \tau) \eta^2}{[(\xi - \tau)^2 + \eta^2]^2} p^*(\tau) d\tau, \\
\sigma_{\xi\eta 1}^e(\xi, \eta) &= -\frac{2}{\pi} p_0 \int_0^1 \frac{(\xi - \tau) \eta^2}{[(\xi - \tau)^2 + \eta^2]^2} p^*(\tau) d\tau, \\
\sigma_{\xi\eta 2}^e(\xi, \eta) &= -\frac{2}{\pi} f p_0 \int_0^1 \frac{(\xi - \tau)^2 \eta}{[(\xi - \tau)^2 + \eta^2]^2} p^*(\tau) d\tau.
\end{aligned} \tag{3}$$

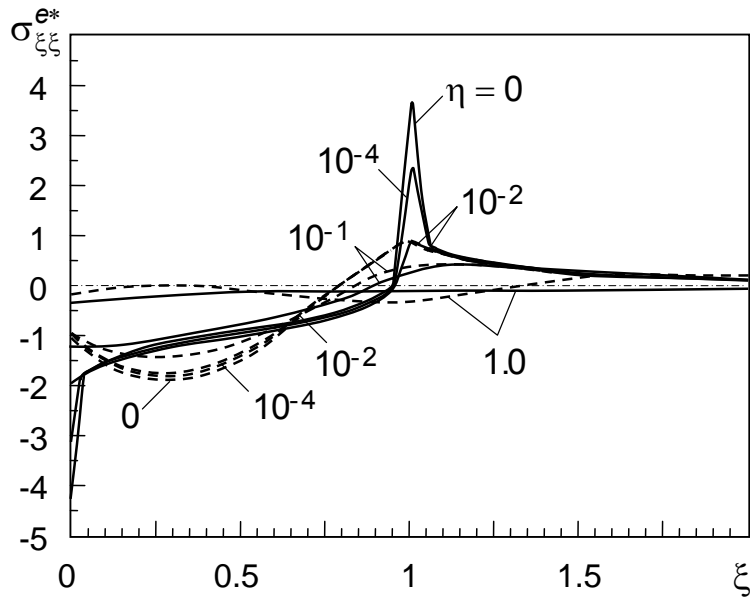


Рис. Розподіл безрозмірного механічного напруження $\sigma_{\xi\xi}^{e*} = \sigma_{\xi\xi}^e / p_0$ вздовж напрямку ковзання для різних значень безрозмірної відстані від робочої поверхні η .

Висновки. Результати числового розрахунку за формулами (3) при $f = 0,3$ для постійного (суцільні криві) [4] та еліптичного (штрихові криві) розподілів контактної тиску відображено на рисунку. Оскільки на кінцях $\xi = 0$ і $\xi = 1$ ділянки контакту у випадку рівномірного тиску прикладене навантаження має розрив, то в околах цих точок напруження $\sigma_{\xi\xi}^e$ швидко зростає [5]. Більш реальним є герцівський, обмежений у точках зміни граничних умов розподіл контактної тиску, для якого напруження $\sigma_{\xi\xi}^e$ на кінцях ділянки контакту набувають скінченних значень.

Бібліографічний список

1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М. : Мир, 1989. – 509 с.
2. Евтушенко А. А. Тепловые процессы, возникающие при холодной прокатке металлов / Евтушенко А. А., Евтушенко Е. А. // Трение и износ. – 1998. – 20, № 2. – С. 125–131.
3. Коровчинський М. В. Основы теории термического контакта при локальном трении. Ч. 1 / М. В. Коровчинский // Вопросы трения, проблемы смазки. – М. : Наука, 1966. – С. 98–145.
4. Марчук Г. И. Введение в проекционно-сеточные методы / Г. И. Марчук, В. И. Агошков. – М. : Наука, 1981. – 416 с.
5. Сипайлов В. А. Тепловые процессы при шлифовании и управление нагревом поверхности / В. А. Сипайлов. – М. : Машиностроение, 1978. – 167 с.

Семерак В., Косарчин В. Термонапружений стан в околі локальної ділянки фрикційного контакту

Отримано розподіл механічної напруги для різних значень безрозмірної віддалі від робочої поверхні, зумовлений дією поверхневого теплового фрикційного джерела, зосередженого в круговій області поверхні. Розроблений алгоритм розрахунку перехідних процесів.

Ключові слова: температура, півпростір, контактний тиск, гальмування, час, тертя, поверхня.

Semerak V., Kosarchin V. Thermostressed state in the vicinity of the local area frictional contact

Obtained stress distribution for various values of the dimensionless distance from the working surface due to the action of the friction surface heat source, centered in the circular surface area. An algorithm for calculating transients.

Key words: temperature, semi-space, contact pressure, braking, time, frictional,

surface.

Семерак В., Косарчин В. Термонапряжённое состояние в окрестности локальной области фрикционного контакта

Получено распределение механических напряжений для различных величин безразмерного расстояния от рабочей поверхности, обусловленное действием поверхностного теплового фрикционного источника, сосредоточенного в круговой области поверхности. Разработан алгоритм расчета переходных процессов.

Ключевые слова: температура, полупространство, контактное давление, торможение, время, трение, поверхность.