

УДК 539.376

**КОМБІНОВАНЕ ТЕРМОМЕХАНІЧНЕ ІМПУЛЬСНЕ
НАВАНТАЖЕННЯ ПІВПРОСТОРУ**

Ігор Сенченков, Ольга Червінко, Олена Бойчук

*Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України,
вул. Нестерова, Київ, 303057*

Миколаївський державний університет ім. В.О. Сухомлинського

Задача, що розв'язується, має важливе практичне значення, оскільки моделює як термічний, так і силовий фактор дії лазерного опромінення поверхні металевих тіл при їх технологічній обробці, зокрема наклеп (laser shock peening – LSP). Розглядається півпростір $z > 0$, $0 < r < \infty$ на поверхні $z = 0$ якого задають граничні умови імпульсного термічного і механічного навантаження

$$q = \begin{cases} q_0 \sin \frac{\pi}{t_p} t, & t \leq t_p, \\ 0, & t > t_p; \end{cases} \quad \sigma_{zz} = \begin{cases} -p_0 \sin \frac{\pi}{t_\sigma} t, & t \leq t_\sigma, \\ 0, & t > t_\sigma; \end{cases} \quad (1)$$

де $q = -k \frac{\partial \theta}{\partial z}$ – тепловий потік, q_0 і p_0 – задані параметри навантаження, t_p , t_σ – часові параметри навантаження – терміни дії імпульсів, $t_\sigma = 2t_p$.

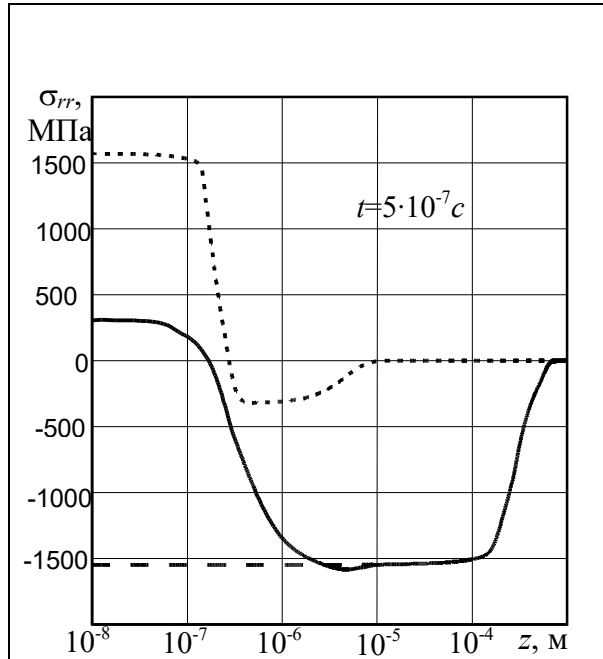
Як і в класичних задачах В.І. Даніловської і Е. Sternberg & J.G. Chakravorty від нуля відмінна лише осьова компонента переміщення u_z , причому $u_z = u_z(z, t)$, а також $\theta = \theta(z, t)$. За цих припущень задача для напівпростору еквівалентна задачі для тонкого стержня $0 < r < R$, $z > 0$, на бічній поверхні якого реалізуються умови жорсткого, гладкого контакту і теплоізоляції

$$u_r = 0, \sigma_{rz} = 0, \frac{\partial \theta}{\partial r} = 0, r = R, z > 0.$$

Розрахунки проводилися для стержня $R = 10^{-6}$ м, $L = 0,05$ м методом скінчених елементів з використанням схеми часового інтегрування Н'юмарка [1]. Для дослідження особливостей парціальних впливів термічного і механічного типів навантаження на залишкові напруження розглянуто три задачі. Задача 1 відповідає суто термічному навантаженню $q_0 \neq 0$, $p_0 = 0$; Задача 2 відповідає

суто механічному навантаженню $p_0 \neq 0$, $q_0 = 0$; Задача 3 відповідає сумарному термомеханічному навантаженню $q_0 \neq 0$, $p_0 \neq 0$.

При обчисленнях приймалось $q_0 = 2 \cdot 10^{11} \text{ кВт/м}^2$, $p_0 = 8 \text{ ГПа}$, $t_p = 10^{-8} \text{ с}$. В якості матеріалу розглядалась сталь 35ХМ.



Глибинні залишкові розподіли радіальної компоненти напружень σ_{rr} наведені на рисунку. Розв'язкам першої, другої та третьої задач відповідають пунктирні, штрихові і суцільні лінії.

Відзначимо такі особливості наведених даних. Залишковий напружено-деформований стан має двомасштабну структуру – в приповерхневому шарі $0 < z \leq 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ взаємодіють термічна і механічна складові навантаження, а в

області $0,3 \cdot 10^{-7} \text{ м} \leq z \leq 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ домінує стан, сформований під дією механічного навантаження; при $z \geq 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ залишкові напруження відсутні. В приповерхневій зоні можливі розтягуючі або незначні стискаючі напруження зумовлені термічним фактором навантаження. Вони розташовані в смужі $0 < z \leq 10^{-7} \text{ м}$. Далі вглиб тіла формується велика, майже на три порядки більша, область стискаючих напружень на рівні динамічної границі течії з інтенсивністю пластичних деформацій $\varepsilon_{i \max}^p \sim 1\%$.

1. Жук Я.А., Сенченков И.К., Бойчук Е.В. Динамическое термомеханически связанное поведение стального диска при импульсном тепловом воздействии в центре // Прикл. механика. – 2008. –44, №5. – С. 45–57.

COMBINED TERMOMECHANICAL SHOCK LOADING OF SEMISPAC

Numerical simulation of the wave process and residual state of physically nonlinear semispace under surface heart flux and pressure pulses is carried out.