

2'03

МАШИНО ЗНАВСТВО

Всеукраїнський щомісячний
науково-технічний і виробничий
журнал

Висвітлюються результати теоретичних і
експериментальних досліджень у галузях:
Динаміка та міцність машин
Матеріалознавство
Математичне моделювання
обчислювальні методи
Механіка деформівного твердого тіла
Захист матеріалів від корозії
Конструювання, розрахунок, випробування
та надійність машин
Системи приводів
Тертя та зношування в машинах
Технологія машинобудування
Розрахований на викладачів вищих закладів
освіти, наукових працівників, аспірантів і
спеціалістів машинобудівної промисловості

Редакційна колегія:

О.Андрейків, член-кор
НАН України, проф., д.т.н.
І.Афтаназів, проф., д.т.н.
М.Бобир, проф., д.т.н.
Я.Бурак, член-кор НАН України,
проф., д.ф.-м.н.
В.Гелетій, доц., к.т.н.
Б.Гевко, проф., д.т.н.
М.Дмитриченко, проф., д.т.н.
Б.Кіндрацький, доц., к.т.н.
І.Кузьо, проф., д.т.н.
Р.Кушнір, с.н.с., д.ф.-м.н.
В.Марцинковський, проф., д.т.н.
В.Осадчук, проф., д.ф.-м.н.
В.Павлище, проф., к.т.н.
В.Палаш, доц., к.т.н.
В.Панасюк, академік НАН України,
проф., д.т.н.
М.Пашечко, проф., д.т.н.
В.Похмурський, член-кор
НАН України, проф., д.т.н.
В.Рвачов, академік НАН України,
проф., д.ф.-м.н.
З.Стоцько, проф., д.т.н.
Г.Сулим, проф., д.ф.-м.н.
Г.Тріщ, доц., к.т.н.
Є.Харченко, проф., д.т.н.

Адреса редакції:

79058, м Львів-58, а/с 6758
E-mail: me@in.lviv.ua

Відповідальність за достовірність
реклами несуть рекламидаєць

При повному або частковому
передруковуванні матеріалів посилання
на "Машинознавство" є обов'язковим

© Машинознавство, 2003

ЗМІСТ

3. Добрянський І., Євтушенко О., Іванік Є., Рожняковський К
Вплив форми локального джерела тепла на розподіл температурного поля в тілі під час лазерного опромінювання його поверхні
9. Шелестовський Б., Габрусєв Г
Контактна взаємодія штампа з шаром із залишковими деформаціями, зумовленими кільцевим зварним швом
13. Грабскі Ю., Стржалко Я
Дослідження точності числових розв'язків рівнянь руху механічних систем
21. Шевеля В., Олександренко В., Калда Г
Процеси механічної і хімічної релаксації при динамічному навантаженні металів
27. Мотика М., Сенявський Я., Барікко М
Дослідження фазових перетворень у масивному аморфному сплаві $Zr_{52,5}Cu_{17,9}Ni_{14,6}Al_{10}Ti_5$ з використанням синхротронного випромінювання
30. Чернець М
Моделювання й аналіз трибоконтактної взаємодії у циліндричних спряженнях
34. Пилипенко О
Синергетичний підхід у процесах стружкоутворення та спрацювання інструмента при віброрізанні покриттів
38. Жданов Л., Сливінський А., Котик В., Коперсак В., Коваленко В
Можливість використання аналого-цифрового перетворювача для дослідження зварювальної дуги змінного струму
42. Зубченко О.
Розрахунок привідних багаторядних втулкових і роликових ланцюгів на довговічність
46. Войс Я., Гжегожек В.
Дослідження початку руху автомобіля з автоматичним зчепленням
51. Нагорняк Г.
Визначення навантажувальної здатності інерційних планетарних запобіжних муфт
55. Інформація для авторів

The journal is dedicated to the following problems:
Dynamics and strength of machines
Material science
Mathematical simulation and calculation methods
Mechanics of deformable-rigid body
Corrosion protection of materials
Design, calculations, testing and reliability of machines
Drive systems
Friction and wear in machines
Manufacturing engineering
The journal intended for scientists and specialists in mechanical engineering.

EDITORIAL BOARD

O.Andrejkiv
I.Aftanaziv
M.Bobyr
Ja.Burak
V.Geletij
B.Gevko
M.Dmytrychenko
B.Kindratsky
I.Kuzio
R.Kushnir
V.Marcinkovsky
V.Osadchuk
V.Pavlyshche
V.Palash
V.Panasyuk
M.Pashechko
V.Pokchmurskyi
V.Rvatchov
Z.Stocko
G.Sulym
G.Trishch
E.Kharchenko

Editorial office address:
Po.Box 6758, Lviv-58, Ukraine.
Telefax: 380 (322) 596299
E-mail: me@in.lviv.ua

© Mechanical Engineering, 2003.

CONTENTS

- 3. Dobrjanskiy I., Yevtushenko A., Ivanyk E., Rozniakovski K.**
Influence of the form of the local heat source on the temperature distribution in the solid during laser irradiation of its surface
- 9. Shelestovsky B., Gabrusev G. Contact interaction of the residual deformation layer punch caused by the ring welding seam**
- 13. Grabsky Yu., Strgalko Ja. Research of an exactitude of numerical solutions of equations of motion of mechanical systems**
- 21. Shevelya V., Oleksandrenko V., Kalda H. Processes of mechanical and chemical relaxation at dynamic loading of metals**
- 27. Motyka M., Sieniawski J., Baricco M. Investigation of phase transformations in $Zr_{52.5}Cu_{17.9}Ni_{14.6}Al_{10}Ti_5$ bulk amorphous alloys using a synchrotron beam**
- 30. Chernev M. Modeling and analyzing of tribocontact interaction of cylindrical connections**
- 34. Pylypenko O. The phenomena of synergism vibration cutting of gas-thermal coatings**
- 38. Zhdanov L., Slivinski A., Kotyk V., Kopersak V., Kovalenko V. Possibilities of using of an analog-to-digital converter for a research of a welding arc alternating-current**
- 42. Zubchenko O. Calculation drive multirow втулочных and block chains on longevity**
- 46. Wojs Ja, Grzegorzek W. The problem of start in vehicle movement with automatic clutch**
- 51. Nagorniak G. Determination of loading capacity of inertial planet safety clutches**
- 55. Information for Authors**

УДК 539.3

Б. Шелестовський

Доцент, канд. фіз.-мат. наук,
Тернопільський державний технічний
університет ім. І. Пулюя,
м. Тернопіль

Г. Габрусєв

Студент,
Тернопільський державний
педагогічний університет
ім. В. Гнатюка,
м. Тернопіль

КОНТАКТНА ВЗАЄМОДІЯ ШТАМПА З ШАРОМ ІЗ ЗАЛИШКОВИМИ ДЕФОРМАЦІЯМИ, ЗУМОВЛЕНІМИ КІЛЬЦЕВИМ ЗВАРНИМ ШВОМ

Отримані формулі для визначення контактних напружень у шарі, в який втискується абсолютно гладкий штамп за наявності в шарі залишкових деформацій, зумовлених вварюванням у шар кругового диска кільцевим швом. Наведено числовий приклад і показано, що наявність у шарі залишкових деформацій суттєво впливає на величину та характер розподілу контактних напружень.

штамп, шар, залишкові деформації, кільцевий шов, контактні напруження

Проблема визначення контактних деформацій і напружень є важливою та актуальну для дослідження міцності деталей машин і споруд у місцях їхньої взаємодії, при розрахунку конструкцій на пружній основі з метою раціонального використання матеріалів конструкції та несучої здатності основи. В багатьох працях досліджувався вплив температурних полів і залишкових напружень на характер контактної взаємодії тіл [1, 2].

Для зварних конструкцій розроблено метод визначення залишкових напруженів в оболонках і пластинах, що ґрунтуються на використанні розв'язків рівнянь механіки деформівних твердих тіл з власними деформаціями та експериментальної інформації, отриманої фізичними методами, і на основі розв'язків обернених задач дозволяє відтворити залишкові деформації і напруження в довільній точці елемента конструкції [3, 4]. Зокрема, в статті [4] визначено напруженій стан у пластині, зумовлений вварюванням циліндричного диска коловим швом.

Питанню дослідження впливу залишкових зварювальних напруженів у шарі на величину та характер розподілу напруженій контактної взаємодії зі штампом присвячені праці [5, 6].

Розглянемо ізотропний шар товщиною h , який лежить без тертя на жорсткій основі. В шар втискується абсолютно

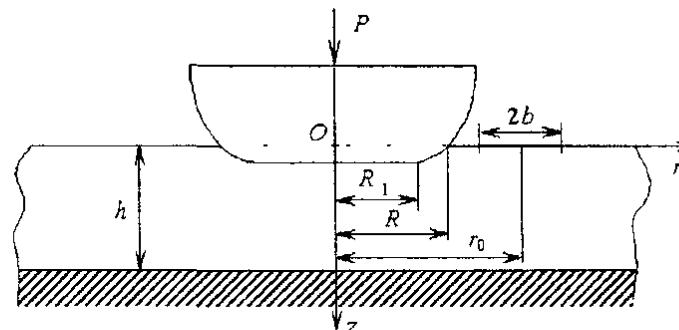


Рис. 1. Схема контактної взаємодії штампа з шаром

гладкий жорсткий штамп силою P , спрямованою вздовж осі штампа (рис. 1). Скористаємося циліндричною системою координат r, ϕ, z , центр якої лежить на верхній поверхні шару на осі штампа, а вісь Oz спрямована в середину шару.

Штамп обмежений поверхнею обертання, яка складається з двох частин: плоскої поверхні для $0 \leq r \leq R_1$ та параболоїда з вершиною в точці $r = R_1$. Функцію, яка описує форму основи штампа, можна подати так:

$$W(r) = W(0) - \frac{(r - R_1)^2}{2R_0} U(r - R_1), \quad (1)$$

де $U(x)$ — одинична функція Гевісайда; R_0 — радіус кривини параболоїда.

Крайові умови задачі мають вигляд:

$$\sigma_{rz} = 0 \quad (z = 0, 0 \leq r < \infty); \quad \sigma_{zz} = 0 \quad (R \leq r < \infty); \quad (2)$$

$$u_z = W(r) \quad (z = 0, 0 \leq r < R); \quad (3)$$

$$\sigma_{rz} = 0; \quad u_z = 0 \quad (z = h, 0 \leq r < \infty). \quad (4)$$

Розглянемо випадок, коли у шар вварено диск циліндричної форми. Поле залишкових деформацій $\varepsilon_n^0(r, z)$, зумовлене накладанням стикового кільцевого шва, розділяється на дві складові. Перша ε_n^P зумовлена пластичними деформаціями шва і біляшовної зони, а друга ε_n^T — розігрівом усього диска, що вварюється, теплом зварювальної дуги [4]

$$\varepsilon_n^0(r, z) = \varepsilon_n^P(r) + \varepsilon_n^T(r). \quad (5)$$

Враховуючи, що пластичні деформації в радіальному напрямку набагато перевищують деформації в коловому напрямку і локалізовані біля шва, зобразимо поле умовних пластичних деформацій так:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{rr}^P &= \begin{cases} -\varepsilon_0^* \varphi(r), & r_0 - b \leq r \leq r_0 + b, \\ 0, & 0 \leq r \leq r_0 - b, \quad r \geq r_0 + b, \end{cases} \\ \varepsilon_{\varphi\varphi}^P &= k \varepsilon_{rr}^P, \quad \varepsilon_{zz}^P = -(\varepsilon_{rr}^P + \varepsilon_{\varphi\varphi}^P), \quad 0 \leq k \leq 1, \end{aligned} \quad (6)$$

де r_0 — радіус колового шва; $2b$ — ширина зони умовних пластичних деформацій; $\varphi(r)$ — неперервна функція.

Поле деформацій, зумовлене розігрівом диска, задається кульовим тензором деформацій:

$$\varepsilon_{rr}^T = \varepsilon_{\varphi\varphi}^T = \varepsilon_{zz}^T, \quad \varepsilon_{rz}^T = \varepsilon_{r\varphi}^T = \varepsilon_{z\varphi}^T = 0, \quad (7)$$

$$\varepsilon_{rr}^T = -\varepsilon_0^* \frac{r^2}{r_0^2} \exp\left[-c^2(r - r_0)^2\right] = \varepsilon_0^T, \quad (8)$$

де c — коефіцієнт, що характеризує ступінь деформації $\varepsilon_n^T(r)$ біля країв шва.

Для знаходження функції Ψ , через яку визначається частинний розв'язок рівнянь тривимірної теорії пластин з пластичними деформаціями, що визначаються формулами (6), потрібно розв'язати рівняння [6]

$$\nabla^2 \Psi = m_1 [\varepsilon_{rr}^0 + \varphi^0(r)], \quad (9)$$

де

$$\varphi^0(r) = \int_r^1 [\varepsilon_{rr}^0(r) - \varepsilon_{\varphi\varphi}^0] dr, \quad m_1 = \frac{1-2\nu}{1-\nu}, \quad (10)$$

ν — коефіцієнт Пуасона.

У цьому випадку рівняння (9) можна подати так:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \Psi}{\partial r} \right) = m_1 (\varepsilon_{rr}^0 + \varphi^0(r)), \quad (11)$$

$$\varphi^0(r) = -\varepsilon_0^* (1-k) \cdot \begin{cases} A, & 0 \leq r \leq r_0 - b, \\ S(r) + A, & r_0 - b \leq r \leq r_0 + b, \\ 0, & r \geq r_0 + b. \end{cases}$$

Тут введено позначення

$$S(r) = \int_{r_0-b}^r \frac{\varphi(r)}{r} dr, \quad A = -S(r_0 + b). \quad (12)$$

Проінтегрувавши рівняння (11), отримаємо

$$\frac{\partial \Psi}{\partial r} = -\varepsilon_0^* r \cdot \begin{cases} m_1 (1-k) \frac{A}{r}, & 0 \leq r \leq r_0 - b, \\ m_1 \frac{T(r)}{r^2} + m_1 (1-k) \frac{A}{2}, & r_0 - b \leq r \leq r_0 + b, \\ \frac{C}{r^2}, & r \geq r_0 + b, \end{cases} \quad (13)$$

де

$$T(r) = \int_{r_0-b}^r [\varphi(r) + (1-k)S(r)] dr. \quad (14)$$

Для знаходження частинного розв'язку рівнянь рівноваги, що відповідає кульовому тензору залишкових деформацій (7), (8), треба розв'язати рівняння Пуасона [7]

$$\nabla^2 \Phi = m \varepsilon_0^T, \quad m = \frac{1+\nu}{1-\nu}. \quad (15)$$

Враховуючи (8), отримаємо

$$\frac{\partial \Phi}{\partial r} = -\frac{m}{r} \varepsilon_0^T \int_0^r \frac{r^3}{r_0^2} e^{-c^2(r-r_0)^2} dr.$$

Запишемо вирази для напружень $\bar{\sigma}_{rr} = \bar{\sigma}_{\varphi\varphi}^P + \sigma_{rr}^T$, що відповідають частинному розв'язку рівнянь рівноваги шару із полем залишкових деформацій (6) — (8):

$$\bar{\sigma}_{rr}^P = 2G\varepsilon_0^* \begin{cases} -p_1 A, & 0 \leq r \leq r_0 - b, \\ m_1 \frac{T(r)}{r^2} - (1-k)S(r) - p_1 A, & r_0 - b \leq r \leq r_0 + b, \\ \frac{C}{r^2}, & r \geq r_0 + b, \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_{\varphi\varphi}^P = 2G\varepsilon_0^* \begin{cases} -p_1 A, & 0 \leq r \leq r_0 - b, \\ -m_1 \frac{T(r)}{r^2} - p_2 S(r) - p_4 \varphi(r) - p_1 A, & r_0 - b \leq r \leq r_0 + b, \\ -\frac{C}{r^2}, & r \geq r_0 + b, \end{cases} \quad (16)$$

$$\bar{\sigma}_{zz}^P = 2G\varepsilon_0^* \begin{cases} -p_2 A, & 0 \leq r \leq r_0 - b, \\ -p_3 \varphi(r) - p_2 [S(r) + A], & r_0 - b \leq r \leq r_0 + b, \\ 0, & r \geq r_0 + b, \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_{rz}^P = 0,$$

Тут

$$\begin{aligned} C &= m \left[D + (1-k)(r_0 + b)^2 \frac{A}{2} \right], D = T(r_0 + b), \\ p_1 &= \frac{1-k}{2(1-v)}, p_2 = 2v p_1, p_3 = \frac{1}{1-v} + k, p_4 = \frac{v}{1-v} - k; \\ \bar{\sigma}_{rr}^T &= -2G \left(m\varepsilon_0^T(r) - \frac{d^2\Phi}{dr^2} \right), \\ \bar{\sigma}_{\varphi\varphi}^T &= -2G \left(m\varepsilon_0^T(r) - \frac{1}{r} \frac{d\Phi}{dr} \right), \\ \bar{\sigma}_{zz}^T &= -2Gm\varepsilon_0^T(r), \quad \bar{\sigma}_{rz}^T = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

Загальний розв'язок рівнянь рівноваги візьмемо у вигляді функції Лява [6]:

$$\begin{aligned} L &= \int_0^\infty \alpha^{-2} \{ A(\alpha) sh\alpha z + B(\alpha) ch\alpha z + \\ &+ \alpha z (C(\alpha) sh\alpha z + D(\alpha) ch\alpha z) \} J_0(\alpha r) d\alpha. \end{aligned} \quad (18)$$

Напруження $\bar{\sigma}_{zz}$ виражаються через функцію Лява диференціальними операторами [6].

Задовільняючи крайові умови задачі, отримаємо вирази функцій $A(\alpha), B(\alpha), D(\alpha)$ через $C(\alpha)$:

$$\begin{aligned} A(\alpha) &= \frac{\alpha h + v sh2\alpha h}{sh^2\alpha h} \cdot C(\alpha), \\ B(\alpha) &= -2v \cdot C(\alpha), \quad D(\alpha) = -cth\alpha h \cdot C(\alpha). \end{aligned} \quad (19)$$

Функція $C(\alpha)$ задовільняє парні інтегральні рівняння

$$\int_0^\infty C(\alpha) J_0(\alpha r) d\alpha = \frac{m_1}{2} W(r), \quad 0 \leq r \leq R, \quad (20)$$

$$\int_0^\infty \alpha \left[-\frac{2G}{1-2v} \cdot \frac{C(\alpha)}{\Delta(\alpha)} + 2G\Psi(\alpha) \right] J_0(\alpha r) d\alpha = 0, \quad r > R, \quad (21)$$

де

$$\begin{aligned} \Psi(\alpha) &= \frac{\varepsilon_0^*}{\alpha} \int_{r_0-b}^{r_0+b} \left[p_3 r \frac{d\varphi(r)}{dr} + p_2 \varphi(r) \right] J_1(\alpha r) dr + \\ &+ m\varepsilon_r^* \int_0^\infty \frac{r^3}{r_0^2} \exp \left[-c^2 (r - r_0)^2 \right] J_0(\alpha r) dr, \end{aligned} \quad (22)$$

$$\Delta(\alpha) = \frac{2sh^2\alpha h}{sh2\alpha h + 2\alpha h}.$$

Перейдемо до безрозмірних змінних:

$$\rho = \frac{r}{R}, \quad \alpha = \frac{\beta}{R}, \quad \alpha h = k_2 \beta, \quad k_2 = \frac{h}{R}, \quad x = \frac{R_1}{R},$$

$$k_0 = \frac{r_0}{h}, \quad k_1 = \frac{b}{h}, \quad c_1 = ch, \quad d_0 = \frac{\varepsilon_r^*}{\varepsilon_0^*}.$$

Рівняння (21) запишемо у вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{1}{R^2} \int_0^\infty \beta \left[-\frac{2G}{1-2v} \frac{C(\beta)}{\Delta(\beta)} + 2G\Psi(\beta) \right] J_0(\beta\rho) d\beta &= \\ &= U(1-\rho) X(\rho), \quad 0 \leq \rho < \infty. \end{aligned} \quad (23)$$

Зобразимо $X(\rho)$ як відрізок ряду Беселя:

$$X(\rho) = \sum_{n=1}^N a_n J_0(\lambda_n \rho), \quad (24)$$

де λ_n — додатні корені рівняння $J_0(x) = 0$; $X(\rho)$ функція, яка при $0 \leq \rho \leq 1$ дорівнює $\sigma_{zz}(\rho, 0)$, тобто визначає шукані контактні напруження під штампом.

Застосуємо до (23) теорему обернення інтегрального перетворення Ганкеля. Використовуючи (20), отримаємо:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N a_n \lambda_n J_1(\lambda_n) \int_0^\infty \frac{\Delta(\beta) \cdot J_0(\beta)}{\lambda_n^2 - \beta^2} [J_0(\beta\rho) - 1] d\beta &= \\ &= F_1(\rho) + F_2(\rho), \quad 0 \leq \rho \leq 1, \end{aligned} \quad (25)$$

де

$$F_1(\rho) = \frac{GR}{2(1-v)R_0} (\rho - x)^2 U(\rho - x),$$

$$F_2(\rho) = \frac{G}{S_1} \int_0^\infty \Delta(\beta) \Psi(\beta) [J_0(\beta\rho) - 1] d\beta. \quad (26)$$

Використовуючи принцип суперпозиції при розв'язанні лінійних алгебричних рівнянь для визначення коефіцієнтів

$$a_n = a_n^{(1)} + a_n^{(2)} = \frac{GR}{(1-v)R_0} x_n^{(1)} + G\varepsilon_0^* x_n^{(2)},$$

отримаємо рівняння:

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^N x_n^{(1)} \lambda_n J_1(\lambda_n) \int_0^\infty \frac{\Delta(\beta) J_0(\beta)}{\lambda_n^2 - \beta^2} [J_0(\beta\rho) - 1] d\beta &= \\ &= F_1^*(\rho), \quad 0 \leq \rho \leq 1, \end{aligned} \quad (27)$$

$$F_1^*(\rho) = \frac{1}{2} (\rho - x)^2 U(\rho - x),$$

$$F_2^*(\rho) = 2 \int_0^\infty \Delta(\beta) [f_1(\beta) + d_0 f_2(\beta)] \cdot [J_0(\beta \rho) - 1] d\beta, \quad (28)$$

$$f_1(\beta) = \frac{k_2}{\beta} \int_{k_0-k_1}^{k_0+k_1} \left[p_3 h y \frac{d\phi(yh)}{dy} + p_2 \phi(yh) \right] J_1(k_2 \rho y) dy,$$

$$f_2(\beta) = \frac{k_2^2 m}{k_0^2} \int_0^\infty y^3 e^{-c_1^2 (y-k_0)^2} J_0(k_2 \beta y) dy$$

Для матеріалів, що широко застосовують у зварюваних конструкціях, узагальнення відомих експериментальних даних різних авторів обґрунтovanе подання функції $\phi(r)$, яка описує розподіл пластичних деформацій біля шва у вигляді

$$\phi(r) = 1 - a \frac{(r - r_0)^2}{b^2} - (1 - a) \frac{(r - r_0)^4}{b^4}.$$

Формула для визначення контактних напружень під штампом набуде вигляду:

$$\sigma_{zz}(\rho, 0) = \frac{GR}{(1-\nu)R_0} \sum_{n=1}^N x_n^{(1)} J_0(\lambda_n \rho) + G\varepsilon_0^* \sum_{n=1}^N x_n^{(2)} J_0(\lambda_n \rho) \quad (29)$$

При проведенні обчислень для визначення коефіцієнтів $x_n^{(1)}$ вимагаємо виконання умов (27) у N точках інтервалу $0 < \rho \leq 1$. Якщо $N=20$, беремо $\rho_n = 0.05n$, $n=1, 20$

У результаті отримаємо дві системи 20 рівнянь з 20 невідомими. Ці системи відрізняються вільними членами

Використаємо умову рівноваги штампа:

$$P = -2\pi R^2 \int_0^1 \rho \sigma_{zz}(\rho, 0) d\rho = -2\pi R^2 \times \\ \times \left[\frac{GR}{(1-\nu)R_0} \theta_1 + G\varepsilon_0^* \theta_2 \right], \theta_k = \sum_{n=1}^N \frac{x_n^{(k)}}{\lambda_n} J_1(\lambda_n), k=1, 2$$

Звідси знаходимо

$$\frac{GR}{(1-\nu)R_0} = -\frac{1}{\theta_1} \left(\frac{P}{2\pi R^2} + G\varepsilon_0^* \theta_2 \right)$$

Формулу для контактних напружень запишемо так:

$$\sigma_{zz}(\rho, 0) = \frac{P}{2\pi R^2} \sigma_{zz}^p + G\varepsilon_0^* \sigma_{zz}^*. \quad (30)$$

Тут $\sigma_{zz}^p = -\frac{1}{\theta_1} \sum_{n=1}^N x_n^{(1)} J_0(\lambda_n \rho)$ — силова частина

контактних напружень; $\sigma_{zz}^* = \sum_{n=1}^N \left[x_n^{(2)} - \frac{\theta_2}{\theta_1} x_n^{(1)} \right] J_0(\lambda_n \rho)$ —

контактні напруження, які обумовлені залишковими напруженнями.

На рис. 2 наведено графіки розподілу складових σ_{zz}^p і σ_{zz}^* контактних напружень вздовж безрозмірної координати ρ для значень параметрів: $x=0.5$, $k_2=2$,

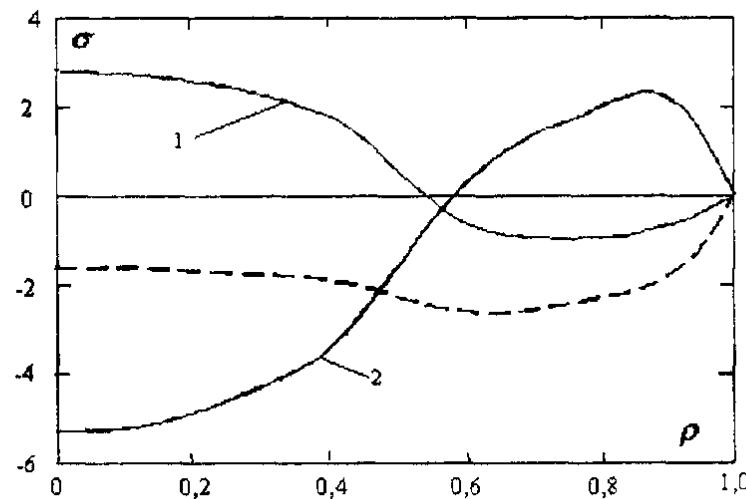


Рис. 2. Розподіл складових контактних напружень під штампом

$a=2$, $c_1=0.6$, $k=0$; $k_0=0.75$; $k_1=1.125$; пунктирна крива — напруження σ_{zz}^p , криві 1 і 2 — напруження σ_{zz}^* ($1 — d=0$; $2 — d=0.4$).

Висновки. Залишкові напруження в шарі суттєво впливають на контактні напруження під штампом. Врахування залишкових деформацій внаслідок розігріву диска свідчить, що контактні напруження, які обумовлені залишковими напруженнями, мають той же знак, що й силова частина напружень, і можуть значно збільшити контактні напруження під штампом.

Література

1 Грицик Д В, Кизима Я И Осесимметричные контактные задачи теории упругости и термоупругости — Львов Издво при Львов ун-те, 1981 — 135с

2 Гузь А I, Бабич С Ю, Рудницький В Б Контактна взаємодія тіл з початковими напруженнями — К. Вища школа, 1995 — 305с

3 Подстригач Я С, Осадчук В А, Марголин А М Остаточные напряжения, длительная прочность и надежность стеклоконструкций — К : Наук думка, 1991 — 296с

4 Цимбалюк Л Тривимірний розподіл зварювальних залишкових напружень у пластині з круговим швом // Машинознавство — 2001 — №2. — С 18—21

5 Шелестовський Б Контактна взаємодія кругового штампа з шаром із залишковими деформаціями, що зумовлені зосередженим нагрівом // Вісник Тернопільського державного технічного університету — 2002 — Т 7, №4. — С 13—20

6 Шелестовська М Я Взаємодія жорсткого штампа з пластиною із залишковими напруженнями, викликаними зосередженим нагрівом // Машинознавство — 1998 — №3 — С 12—15

7 Шелестовська М Я Визначення залишкових напружень у товстих пластинах, зумовлених дією високоянтенсивних джерел енергії // Вісник Тернопільського державного технічного університету — 1997. — Т 2, Ч.1 — С 55—61

Отримана 21.02.03

B Shelestovsky, G Gabrusev*
Contact interaction of the residual deformation layer punch caused by the ring welding seam

Ternopil State Technical University, Ternopil,
*Ternopil State Pedagogical University, Ternopil

Formulae for finding contact stresses in the layer in which perfectly smooth punch is pressed, when residual deformations are available in the layer caused by the welding of the ring disk into the layer by means of the ring seam, are obtained. Numerical translation is presented and shown that availability of the residual deformations in the layer influences greatly the value and the way of distribution of contact stresses