

5. Королёв В.Ю. Синтез портативных информационных сервисов для флеш-накопителей / Корольов В.Ю., Полиновский В.В // Управляющие системы и машины. – 2008. – № 6. – С. 28 – 33.
6. Корольов В.Ю. Тенденції розвитку портативних програмних систем / Корольов В.Ю., Поліновський В.В., Герасименко В.А // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 1. – С. 233 – 241.
7. Бардаченко В.Ф. Концепция построения систем персонализации на базе расширения вектора кодов ВІК-ключа / Бардаченко В.Ф., Корольов В.Ю // Управляющие системы и машины. – 2007. – № 1. – С. 53 – 61.
8. Корольов В.Ю. Персоналізація віртуальних обчислювальних ресурсів і інформаційних джерел в сервісно-орієнтованих архітектурах / Корольов В.Ю // Вісті академії інженерних наук України. – 2007. – № 4 (34). – С. 13 – 20.
9. Корольов В.Ю. Персоналізація мобільних телекомунікаційних засобів методом дистанційного розпізнавання ВІК-коду / Корольов В.Ю., Поліновський В.В., Герасименко В.А // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. – № 5 (74). – С. 137 – 142.
10. Корольов В.Ю. Аналіз способів вводу ВІК-коду для контролю доступу до ПК локальної мережі / Корольов В.Ю // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 6. – С. 212 – 220.
11. Корольов В.Ю. Побудова системи захисту інформації на базі персоналізованого USB-флеш з використанням ключа-ідентифікатора / Корольов В.Ю., Поліновський В.В., Малікова О.В // Вісник Хмельницького національного університету. – 2008. – № 3. – С. 175 – 181.
12. Корольов В.Ю. Криптогенератор з використанням перетворення шумів слабострумних електронних кіл / Корольов В.Ю., Поліновський В.В // Вісник Черкаського Державного Університету. Серія технічні науки. Інформаційні технології, обчислювальна техніка і автоматика. – 2009. – № 2. – С. 14 – 18.
13. Пат. UA 89745 Україна, МПК (2009) E 05B 19/00. Спосіб автентифікації і введення кодової інформації та автентифікат з читувачем кодової інформації для його здійснення / В.В. Поліновський, О.М. Ходзінський та ін. – Заявл. 06.08.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4.
14. Троицная система счисления [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://ru.wikipedia.org/wiki/Троицная\\_система\\_счисления](http://ru.wikipedia.org/wiki/Троицная_система_счисления)
15. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных / Столлингс В. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2002. – 928 с.
16. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр Б. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

Надійшла 2.11.2012 р.

Рецензент: д.т.н. Гуляницький Л.Ф.

УДК 519.6: 531.4

Ю.А. РУДЯК

ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України»

## МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ДИФУЗНОГО ПОВЕРХНЕВОГО РОЗСІЮВАННЯ

*У роботі математично обґрунтовано експериментально-розрахунковий оптичний метод, який використовує ефект дифузного поверхневого розсіювання. Ефект базується на перерозподілі величин інтенсивностей дзеркальної та дифузних складових розсіяного поверхнею об'єкта світлового потоку при локальній зміні його кривизни. Розглянуто варіанти експериментальної реалізації методу, коли зондує випромінювання є поляризованим та неполяризованим. Одержано формули для розв'язання лінійних та двомірних задач механіки. Метод може бути застосований для прозорих та непрозорих об'єктів з дифузно-розсіювальною поверхнею.*

*Ключові слова: оптичні методи, дифузне поверхнєве розсіювання, деформації, поверхні.*

*In this article the experimental design optical method which uses a diffuse surface scattering effect is presented and mathematically grounded. The effect is based on the redistribution of the intensity value of mirror and diffuse components of the scattered object surface flux at a local change its curvature. We examined the experimental implementation of the method, when the probe radiation is polarized and unpolarized. The formulas for the solution of linear and two-dimensional problems of mechanics are obtained. The method can be used for transparent and opaque objects with diffuse scattering surface.*

*Keywords: optical methods, diffuse surface scattering, deformation of the surface.*

### Вступ

Оптичний ефект дифузного поверхневого розсіювання зв'язує локальну малу зміну кривизни поверхні деформованого об'єкту з перерозподілом інтенсивностей дзеркальної та дифузних складових розсіяного поверхнею об'єкта світлового потоку. У роботі наведено дані, які математично описують даний ефект для лінійних та двомірних об'єктів. Також розглянуто два випадки експериментальної реалізації методу дифузного поверхневого розсіювання (МДПР), коли зондує випромінювання є поляризованим та

неполяризованим.

### Постановка завдання

Дати математичне обґрунтування експериментально-розрахункового методу визначення напружено-деформівного стану (НДС) об'єкту, який би пов'язав деформації поверхні та зміну інтенсивності дзеркальної та дифузних складових розсіяною поверхнею об'єкта світлового потоку при локальній зміні його кривизни.

### Результати дослідження

Розглянемо лінійну задачу. Об'єкт дослідження – стержень. Нехай до стержня прикладено згинний момент  $DM(x)$ , який діє у січенні з координатою  $x$ .  $J(x)$  – осьовий момент інерції січення стержня з координатою  $x$ . Тоді зміна кривизни  $Dk(x)$  поверхні стержня в точці  $x$  буде дорівнювати:

$$Dk(x) = \frac{DM(x)}{EJ(x)}, \quad (1)$$

де  $E$  – модуль Юнга I роду матеріалу стержня.

Зміна кривизни стержня зв'язана зі зміною інтенсивності дифузних або дзеркальної складової розсіяного його поверхнею світлового потоку функціональною залежністю виду:

$$Dk(x) = f\left(\frac{DI}{I_0}\right), \quad (2)$$

де  $I_0$  – інтенсивність відповідної складової падаючого світлового потоку;

$\Delta I$  – зміна інтенсивності відповідної складової розсіяного поверхневого потоку (відбитого, або який пройшов, якщо об'єкт прозорий).

Розглянемо двомірну задачу. Об'єкти дослідження – тонкі пластини або оболонки. Згинні моменти та зміни кривизн для тонких пластин та оболонок зв'язані наступними залежностями:

$$DM_x = D(Dk_x + \mu Dk_y), \quad (3)$$

$$DM_y = D(Dk_y + \mu Dk_x). \quad (4)$$

У формулах (3), (4) величина  $D$  називається циліндричною жорсткістю і визначається за формулою:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}, \quad (5)$$

де  $h$  – товщина пластини;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона.

Розглянемо два варіанти застосування МПДР.

1. Зондуєчне випромінювання поляризоване.

Вимірювання проводимо для площин поляризації  $x$  та  $y$ . Тоді для змін кривизн  $\Delta k_x$  та  $\Delta k_y$  можемо записати наступні вирази:

$$Dk_x = \psi_1 \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right), \quad (6)$$

$$Dk_y = \psi_2 \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right), \quad (7)$$

Підставимо вирази (6), (7) у (3) та (4). Одержимо:

$$DM_x = D \left[ \psi_1 \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right) + \mu \psi_2 \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right) \right], \quad (8)$$

$$DM_y = D \left[ \psi_2 \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right) + \mu \psi_1 \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right) \right], \quad (9)$$

У формулах (6)–(9)  $I_{0x}, \Delta I_x, I_{0y}, \Delta I_y$  – відповідні інтенсивності складової поляризованого у площині  $x$  падаючого світлового потоку та її зміни, інтенсивності складової поляризованого у площині  $y$  падаючого світлового потоку та її зміни.

2. Зондуєчне випромінювання неполяризоване.

У цьому випадку за даними зміни інтенсивності дзеркальної або дифузної складових розсіяного дифузно-розсіювальною поверхнею світлового потоку можна визначити суму кривизн ( $\Delta k_x + \Delta k_y$ ):

$$Dk_x + Dk_y = y \left( \frac{DI}{I_0} \right), \quad (10)$$

Тоді суму моментів ( $DM_x + DM_y$ ) визначимо за формулою:

$$(DM_x + DM_y) = D(1 - \mu) y \left( \frac{DI}{I_0} \right), \quad (11)$$

Формули (6) та (7) зв'язують зміни кривизн  $\Delta k_x$ ,  $\Delta k_y$  та зміни інтенсивностей відповідних складових дифузно-розсіяних поверхнево оптичних полів.

Нехай відповідні деформації поверхні та зміни кривизн зв'язані певною функціональною залежністю:

$$Dk_x = \psi_3(\varepsilon_x), \quad (12)$$

$$Dk_y = \psi_4(\varepsilon_y), \quad (13)$$

З врахуванням (6), (7) перепишемо (12) та (13) у вигляді:

$$\psi_3(\varepsilon_x) = \psi_1 \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right), \quad (14)$$

$$\psi_4(\varepsilon_y) = \psi_2 \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right). \quad (15)$$

Перепишемо (14) і (15) таким чином, щоб зв'язати безпосередньо деформації  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$  та відносні

зміни інтенсивностей  $\left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right)$ ,  $\left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right)$  певною функціональною залежністю:

$$\varepsilon_x = \psi_5 \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right), \quad (16)$$

$$\varepsilon_y = \psi_6 \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right). \quad (17)$$

Для малих деформацій функціональні залежності  $\psi_5$ ,  $\psi_6$  будуть наближені до лінійних функцій, тому вирази (16), (17) можна буде переписати у вигляді:

$$\varepsilon_x = k_{\varepsilon x} \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right), \quad (18)$$

$$\varepsilon_y = k_{\varepsilon y} \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right). \quad (19)$$

Для головних деформацій лінійні залежності (18), (19) приймуть наступний вигляд:

$$\varepsilon_1 = k_{\varepsilon 1} \left( \frac{DI_1}{I_{01}} \right), \quad (20)$$

$$\varepsilon_2 = k_{\varepsilon 2} \left( \frac{DI_2}{I_{02}} \right). \quad (21)$$

Аналогічного плану залежності будуть мати місце для головних напружень:

$$\sigma_1 = k_{\sigma 1} \left( \frac{DI_1}{I_{01}} \right), \quad (22)$$

$$\sigma_2 = k_{\sigma 2} \left( \frac{DI_2}{I_{02}} \right). \quad (23)$$

Відповідно, для напружень  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  будуть мати місце залежності:

$$\sigma_x = k_{\sigma x} \left( \frac{DI_x}{I_{0x}} \right), \quad (24)$$

$$\sigma_y = k_{\sigma y} \left( \frac{DI_y}{I_{0y}} \right). \quad (25)$$

У формулах (18)– (25) коефіцієнти  $k_{ex}, k_{ey}, k_{e1}, k_{e2}, k_{sx}, k_{sy}, k_{s1}, k_{s2}$  визначаються на тарувальних експериментах.

### Висновки

1. Теоретично обґрунтовано математичні основи експериментально-розрахункового оптичного методу визначення НДС, який базується на ефекті дифузного поверхневого розсіювання.
2. Одержано формули для розв'язання лінійних та двовірних задач.

### Література

1. Пат. АС СССР, М5 кл G01 В 11/16. Способ определения деформаций поверхности / Рудяк Ю.А. – № 1716317 от 01.11.1991.
2. Пат. АС СССР, М5 кл G01 В 11/18. Способ определения напряженно-деформированного состояния объекта / Рудяк Ю.А., Пизар В.Г. – № 1668860 от 08.04.1991.
3. Малезик М.П. Метод фотопружності в двовірних динамічних задачах механіки анізотропних тіл : автореферат дис. на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук / М. П. Малезик. – Львів, 2008. – 36 с.

Надійшла 16.11.2012 р.

УДК 621.787.4-47:539.319

Т.Ф. АРХИПОВА

Винницький національний технічний університет

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ ПОСЛЕ ДЕФОРМИРУЮЩЕГО ПРОТЯГИВАНИЯ

*В роботі наведено результати експериментальних досліджень процесу деформуючого протягування заготовок з метою зміцнення та надання сприятливої технологічної спадковості робочим поверхням шарикоподшипників. Процес деформуючого протягування слід виконувати із забезпеченням інтенсивності деформації на жолобі внутрішнього кільця в границях  $e_i \leq 0,07$ .*

*Ключові слова: пластичне деформування, технологічна спадковість, зміцнення, твердість.*

*The paper contains the results of experimental research of the process of work pieces deforming drawing in order to strengthen and provide favourable technological heredity of operating surfaces of ball bearings. The process of deforming drawing must be carried out providing deformation intensity on the spout of internal ring within the limits of  $e_i \leq 0.07$ .*

Процесс деформирующего протягивания получает всё более широкое распространение. Холодное пластическое деформирование поверхностного слоя металла без снятия стружки повышает эксплуатационные свойства деталей, значительно снижает их себестоимость. В ряде случаев этот способ обработки является единственным экономически оправданным методом, позволяющим получить высокую чистоту и точность геометрической формы обработанной детали.

**Постановка проблемы.** Исследование напряженно-деформированного состояния при деформирующем протягивании необходимо для оценки энергосиловых параметров процесса. Представляет также интерес изучение технологического наследия в виде остаточных напряжений, упрочнения (мерой которого примем твердость), деформируемости заготовок в процессе протягивания, уровня накопленных деформаций, прочности изделий в процессе эксплуатации.

**Анализ последних исследований.** Следует отметить, что число работ, посвященных решению этих задач, продолжает оставаться незначительным. Особенно это касается работ, направленных на изучение прочности изделий в процессе эксплуатации. Так, при достижении определённого уровня пластических деформаций, после последующей термической обработки формируется структура с различным размером зерна. Нас будет интересовать тот уровень деформаций (обеспечивается натягом при протягивании), который после термообработки дает размер зерна, обеспечивающий прочность изделия в процессе эксплуатации.

Основные работы в области изучения напряженно-деформированного состояния выполнены в работах [1, 2]. Однако в этих работах введен ряд упрощающих предположений, главное из которых заключается в идентичности процесса деформирующего протягивания и раздачи трубного проката внутренним давлением, что не всегда обосновано. Особый интерес представляют результаты экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния при деформирующем протягивании, проведенные в работе [2]. Наиболее полная работа, посвященная изучению механики