

Проведені дослідження дозволяють констатувати наступне. Є всі підстави вважати, що, крім підвищення зносостійкості ріжучого інструменту, вакуумні йонно-плазмові покриття з нітриду титану можуть служити ефективним засобом захисту сталених виробів як від корозії, так і від корозійно-механічного руйнування, зокрема для підвищення стійкості проти КМЗ і КЕЗ, зношування при граничному терті, а також для збільшення корозійно-втомної міцності. Цьому значною мірою сприяють добра адгезія покриття з металевою основою, висока суцільність і рівномірність напиленого шару по товщині, рівноважність структури.

Література

1. **Aciars** rapides: ils peuvent aussitôt revêtus// Machines production, 1978. – 8, № 193. – P. 37-38.
2. **David T.** Curry Sputtering basics for beginners// Machine Design, 1979, №1. – P. 96-97.
3. **Schulze D.** Untersuchungen zur reaktiven ionengestutzten abscheidung von TiN// Schichten Technik, 1977. – 33, № 7. – S. 399-402.
4. **Толок В.Т.** Вакуумно – плазмова технологія високих енергій// Вісн. АН УРСР. – 1980, № 11. – С. 63-66.
5. **Джеломанова Л.М.** Прогрессивные методы нанесения износостойких покрытий на режущий инструмент: Обзор. – М.: НИИИмаш, 1979. – 46 с.
6. **Миндюк А.К., Савицкая О.П., Бабей Ю.И.** Ингибирующее действие некоторых анионов на растворение стали в серной кислоте// Физико-химическая механика материалов. – 1971, № 4. – С. 108-110.
7. **Голубец В.М.** Долговечность эвтектических покрытий в коррозионных средах. – К.: Наук думка, 1990. – 120 с.
8. **Похмурский В.И., Далисов В.Б., Голубец В.М.** Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий. – К.: Наук думка, 1980. – 188 с.
9. **Погорельский Р.Г., Мацейко М.М.** Машина ИМА – 5 для испытаний на усталость в жидких средах// Влияние рабочих сред на свойства материалов. – 1964, вып. 3. – С. 146-150.

УДК 539.06

Доц. О.І. Думанський, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

ЗАГАЛЬНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ КРУЧЕННЯ СУЦІЛЬНИХ ПРИЗМАТИЧНИХ ВАЛІВ (БРУСІВ)

Пропонується загальний метод дослідження напруженого стану суцільних призматичних валів (брусів) під дією моменту кручення, якщо конформно перетворююча функція поперечного перетину вала (бруса) на круг має вигляд полінома довільного ступеня. Наведений приклад кручення вала (бруса), поперечним перетином якого є область епітрохіди.

Doc. O.I. Dumanskiy – USUFWT

General twisting research method of continuous prismatic billows (squared beams)

Offers a general research method of strained state of continuous prismatic billows (squared beams) under twisting moment action, if reflecting function of transversal billow (squared beam) crossing on circle has appearance of polynomial of arbitrary degree. Brought billow (squared beam) twisting example, by transversal crossing of which a domain of epitrochoida.

Часто різноманітні елементи конструкцій мають вигляд призматичних стрижнів або брусів із складним контуром в поперечному перерізі. Це можуть бути вали, шпинделі токарних і свердильних верстатів та інші стрижневі деталі конструкції.

Розглянемо призматичний ізотропний вал (брус), поперечний переріз якого представляє собою однозв'язну область певного профілю, що підданий дії моменту кручення. Побудуємо загальний розв'язок знаходження дотичних напружень в будь-якій точці поперечного перерізу вала та жорсткості на кручення, якщо конформно відображаюча функція побудована у вигляді полінома

$$z = \omega(\zeta) = \sum_{k=1}^m C_k \zeta^k \quad (1)$$

і здійснює перетворення круга $|\zeta| \leq 1$ з границею γ на область поперечного перерізу вала.

Функцію напружень $f(\zeta)$ задано у вигляді

$$f(\zeta) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k \zeta^k, \quad (2)$$

вважаючи регулярною в крузі $|\zeta| \leq 1$, знаходимо з граничної умови [1]

$$f(\sigma) - \bar{f}(\sigma) = i\omega(\sigma)\overline{\omega'(\sigma)} + iC_1 \quad \sigma \in \gamma \quad (3)$$

Компоненти дотичних напружень, що діють в кожній точці поперечного перерізу вала, знаходимо згідно з формулою

$$\tau_p - i\tau_\theta = \frac{\mu\tau}{\rho|\omega'(\zeta)|} [f'(\zeta) - i\omega'(\zeta)\overline{\omega(\zeta)}], \quad (4)$$

де μ – пружна постійна Ляме; τ – кут закручування стрижня на одиницю довжини і дорівнює $\tau = M_k/D$, M_k – крутний момент; D – жорсткість вала (бруса) на кручення $D = \mu(I_0 + D_0)$,

$$I_0 = \frac{1}{4i} \int_{\gamma} [\overline{\omega(\zeta)}]^2 \omega(\zeta) d\omega(\zeta), \quad (5)$$

$$D_0 = -\frac{1}{4i} \int_{\gamma} [f(\zeta) + \bar{f}(\zeta)] d[\overline{\omega(\zeta)}\omega(\zeta)]$$

Задамо праву частину умови (3) у вигляді

$$i\omega(\sigma)\overline{\omega'(\sigma)} = i \sum_{k=-(m-1)}^{m-1} P_k \sigma^k, \quad (6)$$

де $P_k = \bar{P}_{-k}$ ($k = 0, \dots, m-1$) визначаються із рівності

$$P_k = \sum_{r=1}^{m-k} C_{k+r} \bar{C}_r \quad (k = 0, \dots, m-1) \quad (7)$$

Підставивши (2) і (6) в (3) і прирівнюючи коефіцієнти при однакових степенях $\sigma = e^{i\theta}$, отримаємо

$$a_k = iP_k \quad (k=0, \dots, m-1), \quad a_k = 0 \quad k \geq m. \quad (8)$$

Таким чином шукана функція $f(\zeta)$ має вигляд:

$$f(\zeta) = \sum_{k=0}^{m-1} a_k \zeta^k = i \sum_{k=0}^{m-1} P_k \zeta^k. \quad (9)$$

Знаходимо жорсткість і напруження.

Згідно з формулою (5), маємо:

$$D_0 = -\frac{i}{4} \int_{\gamma} \left[\sum_{k=1}^{m-1} P_k \sigma^k - \sum_{k=1}^{m-1} \bar{P}_k \sigma^{-k} \right] \cdot \left[\sum_{k=1}^{m-1} k P_k \sigma^k - \sum_{k=1}^{m-1} k \bar{P}_k \sigma^{-k} \right] \frac{d\sigma}{\sigma}$$

або

$$D_0 = -\pi \sum_{k=1}^{m-1} k P_k^2 \quad (10)$$

$$I = \frac{1}{4i} \int_{\gamma} \left[\omega(\sigma) \bar{\omega}\left(\frac{1}{\sigma}\right) \right] \cdot \left[\bar{\omega}\left(\frac{1}{\sigma}\right) \omega'(\sigma) \sigma \right] \frac{d\sigma}{\sigma},$$

оскільки перша квадратна дужка визначається рівністю (6), то вміст другої дужки запишемо у вигляді

$$\sigma \omega'(\sigma) \bar{\omega}\left(\frac{1}{\sigma}\right) = \sum_{k=1}^m k C_k \sigma^k \cdot \sum_{k=1}^m \bar{C}_k \sigma^{-k} = \sum_{k=-(m-1)}^{m-1} B_k \sigma^k,$$

$$\text{де} \quad B_k = k P_k + \bar{B}_{-k}, \quad B_{-k} = \sum_{r=1}^{m-k} r C_r \bar{C}_{k+r}.$$

Таким чином

$$I = \frac{\pi}{2} \left[B_0 D_0 + \sum_{k=1}^{m-1} k P_k^2 + 2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^{m-1} P_k B_{-k} \right]. \quad (11)$$

Тоді жорсткість на кручення матиме вигляд:

$$D = \mu(I + D_0) = \frac{\mu\pi}{2} \left[B_0 D_0 - \sum_{k=1}^{m-1} k P_k^2 + 2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^{m-1} P_k B_{-k} \right]. \quad (12)$$

Дотичні напруження в довільній точці поперечного перерізу вала визначатимуться згідно формули:

$$\tau_{\theta} + i\tau_{\rho} = \frac{\mu\tau}{\rho|\omega'(\zeta)|} \left\{ \zeta \omega'(\zeta) \bar{\omega}(\zeta) - \sum_{k=1}^{m-1} k P_k \zeta^k \right\}. \quad (13)$$

Розподіл дотичних (крутячих) напружень на контурі поперечного перерізу вала знаходимо за формулою

$$\tau_{\rho} = 0, \quad \tau_{\theta} = \frac{\mu\tau}{|\omega'(\sigma)|} \left[B_0 + 2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^{m-1} \bar{B}_k \sigma^k \right]. \quad (14)$$

Знаходження напружень вала, область поперечного перерізу якого відображається на круг за допомогою простішого вигляду функцій, є значно легшим.

Якщо поперечним перерізом вала (бруса) є область у вигляді епітрохіди (на рис. 1 зображена епітрохіда, яка має 6 точок звороту) то відображаюча функція матиме такий вигляд [1]:

$$z = \omega(\zeta) = b(\zeta^n + a\zeta)$$

і здійснює перетворення області поперечного перерізу вала на круг радіуса R , де $b=Rm$, $a=1/m$, а параметр m набуває значень $0 \leq m \leq 1/n$, n – ціле число і $n > 1$ (число $n-1$ свідчить про кількість точок звороту на контурі епітрохіди).

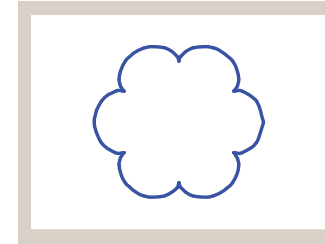


Рис. 1. Поперечний переріз вала (бруса) у вигляді епітрохіди

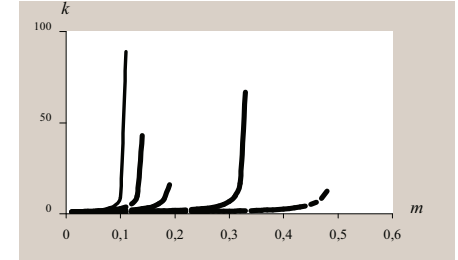


Рис. 2. Залежності коефіцієнта концентрації напружень k у вершинах заокруглених точок звороту від значень параметра m при різних значеннях параметра n

З контурної умови (3) знаходимо функцію напружень $f(\zeta)$. Якщо значення цієї функції підставити у вираз напружень (4), отримаємо формулу їх розподілу на контурі вала:

$$\tau_r = 0, \quad \tau_{\theta} = \mu\tau b \frac{n + 2n \cos(n-1)\theta + a^2}{\sqrt{n^2 + 2an \cos(n-1)\theta + a^2}}.$$

Максимальне значення напруження досягається у заокруглених точках звороту контуру вала, тобто при $\cos(n-1)\theta = -1$

$$\tau_{\max} = \mu\tau b \cdot \frac{a^2 - 2a + n}{a - n}.$$

На рис. 2 наведені графіки залежності коефіцієнта концентрації напружень k у вершинах заокруглених точок звороту від значень параметра m при різних значеннях параметра n .

У випадку гострокінцевих точок звороту, що відповідає тріщиноподібному дефекту, розподіл напружень в їх вершинах має вигляд

$$\tau_{\theta} = \frac{K_{II}}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - 3 \sin^2 \frac{\theta}{2} \right), \quad (15)$$

де $K_{II} = \frac{3\sqrt{3}\pi r}{2} \tau_{\max}$ – коефіцієнт інтенсивності напружень.

Якщо підставити значення K_{II} і $\tau_{\max}$ у формулу (15), то розподіл напружень у вершині гострокінцевого концентратора опишеться наступною формулою:

$$\tau_{\theta} = \mu\tau b \frac{3\sqrt{3}(a^2 - 2a + n)}{2\sqrt{2}(a - n)} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - 3 \sin^2 \frac{\theta}{2} \right).$$

Література

1. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966. – 707 с.

УДК 674.055:621.925

Аспір. С.В. Зубик – УкрДЛТУ

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ПЕЛЮСТКОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Визначені параметри, що характеризують жорсткість пелюсткових інструментів.

Doctorate S.V. Zubyk – USUFWT

Theoretical inflexibility determination preconditions of fan-shaped instruments

Definite parameters characterizing inflexibility of fan-shaped instruments.

Найважливішими показниками, що характеризують якість обробки профільних поверхонь є шорсткість і рівномірність обробки.

Шорсткість поверхні залежить від кількості матеріалу, що знімається і визначається характеристиками інструмента та обладнання, оброблюваної деталі, режимними параметрами. Шар матеріалу, що знімається є незначним, особливо, коли попередня обробка проводилась високоякісними стругальними інструментами. Тобто шліфування має своєю метою згладити поверхню, очистити її від порошу, зняти сліди від притискних валків. Рівномірність обробки поверхонь необхідна для збереження профілю поверхні деталі; визначається видом та характеристиками інструмента.

Для обробки профільних поверхонь універсальними в застосуванні є пелюсткові круги. Під час роботи вони деформуються в радіальному напрямі на деяку величину u , при цьому знімається шар матеріалу товщиною h . Потрібно визначити умови, за яких можна буде зняти мінімально необхідний шар матеріалу $h_{\min}$, для отримання заданої шорсткості та забезпечення рівномірності обробки. Величину $h_{\min}$ можемо визначити експериментальним шляхом. Вона залежить [1, 2] від жорсткості інструмента C_r (величини деформації u), його зернистості z , зусилля притискання інструмента до деталі P_k , режимних параметрів, породи деревини інших чинників, вплив яких виразимо як суму коефіцієнтів $\Sigma\zeta$:

$$h_{\min} = f(C_r, P_k, \rho, z, \Sigma\zeta). \quad (1)$$

З перерахованих чинників усі, окрім показника жорсткості, відносимо до контрольованих чи контрольованих і керованих.

Жорсткість інструмента є мірою його деформативності під дією зусилля притискання. Жорсткість пелюсткового інструмента як єдиного цілого важко визначити, вона залежить [1, 2] від жорсткості пелюстків: виду матеріалу основи, абразиву, зв'язуючого матеріалу; щільності інструмента: розмірів і кількості пелюстків. Можемо припустити [1], що величина деформації

круга в стані спокою обернено пропорційна кількості пелюстків n та їх жорсткості j_r :

$$u = \alpha P_k / j_r n, \quad (2)$$

де α – коефіцієнт пропорційності.

Використовуючи формулу (3) [2, ст. 8] можемо визначити жорсткість інструмента в стані спокою:

$$C_r = \frac{P_k}{2R_o \left[\varphi_o - \cos \varphi_o \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_o}{2} \right) \right]}. \quad (3)$$

Величина деформації круга пов'язана з величиною φ_o залежністю:

$$\varphi_o = \arccos(1 - u/R_o), \quad (4)$$

де R_o – радіус інструмента.

Під час роботи виникають відцентрові сили, які збільшують жорсткість інструмента. Тому для визначення жорсткості пелюстка можемо використати вирази (5) або (6) [3, ст. 174], прирівнюючи праві частини рівнянь (5) або (6) та (2):

$$u = \frac{\mu - 1}{E} \left[\frac{2P_k}{\pi R_o} - \frac{\gamma}{4q} \omega^2 R_o^3 \right] \quad (5)$$

$$u = \frac{R_o}{E} \left[-\frac{2P_k}{\pi R_o} + \frac{\gamma}{q} \omega^2 R_o^2 \left(\frac{(3+\mu)(1+2\phi^2) - (1+3\mu)}{8} \right) - \frac{2P_k}{\pi R_o} \frac{1+\phi^2}{1-\phi^2} \mu \right] \quad (6)$$

Подані вирази можна пропонувати для використання при виконанні експериментальних досліджень пелюсткових кругів.

Література

1. А.С. №1556887 (СССР). Лепестковый полировальный круг/ А.Д. Голяев, Л.А. Штейн-гарт – Заявл. 12.11.87. кл. В24 D 13/04;

2. Щеголев В.А., Уланова М.Е. Эластичные абразивные и алмазные инструменты. – Л.: Машиностроение, 1977. – 184 с.

3. Зубик С.В., Матвеев Е.М. Теоретичні дослідження еластичних абразивних інструментів// Науковий вісник: Зб. наук-техн. пр. – Львів: УкрДЛТУ. – 2001, вип. 11.4. – С. 174-178.

УДК 548.736

Ст. наук. співроб. В.В. Олійник, д-р хім. наук; ст. викл.

Н.Л. Пандяк, канд. хім. наук; доц. М.Ф. Федина, канд. хім. наук – УкрДЛТУ

СИНТЕЗ ТА РЕНТГЕНОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСІВ ТРИФТОРМЕТИЛСУЛЬФОНАТУ МІДІ(І) З АЛІЛТІОСЕЧОВИНОЮ

Описано методики синтезу двох комплексів трифторметилсульфонату міді (І) з алілтіосечовиною. Рентгенографічним дослідженням (методи Лауе та Вейсберга) визначено симетрію та параметри кристалічних ґраток одержаних кристалів.