

*Дергоусов В.М., Нежебовський В.В.*  
Corum Svet Shakhtyora  
*Новіков Ф. В., Новіков Д.Ф.*  
Харківський національний економічний університет  
імені Семена Кузнеця  
*Пермяков Є.О., Клочко Л.В., Федоренко В.С.*  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

## ДЕФЕРЕНЦОВАНИЙ МЕТОД ТА ЗАСІБ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ

Вибір принципів схем і методів контролю шліцьових з'єднань тісно пов'язаний з похибками їх виготовлення. Всі похибки шліцьових з'єднань, від яких залежать їх взаємозамінність і експлуатаційні якості, можна розділити на три основні групи:

– похибки лінійних розмірів – розміру внутрішнього і зовнішнього діаметрів зубів, товщини зубів валу або ширини западин втулки, величини радіуса заокруглення або фаски у зуба валу і впадини втулки;

– похибки форми окремих елементів – відхилення профілю поздовжнього перерізу і відхилення від круглості внутрішньої або зовнішньої циліндричної поверхні, відхилення від прямолінійності осі внутрішньої або зовнішньої циліндричної поверхні, відхилення від прямолінійності бічних поверхонь зубів в поздовжньому і поперечному (для прямокутних зубів) напрямках;

– похибки взаємного розташування окремих елементів – відхилення від паралельності бічних поверхонь зубів і впадин щодо осі деталі, похибка кроку зубів або впадин, відхилення від концентричності зовнішнього і внутрішнього діаметрів зубів валу і впадин втулки.

Для з'єднань з евольвентним профілем товщину зубів валу і ширину впадин втулки контролює за допомогою роликів. Перевірка цим методом зводиться до вимірювання відстані  $M$  між зовнішніми поверхнями двох роликів однакового діаметру  $D_m$ , вкладених в дві найбільш віддалені одна від одної впадини валу або втулки (рис. 1).

Товщина зуба валу або ширина впадини втулки будуть перебувати в межах допуску, якщо дійсний розмір  $M$  буде не менше найменшого  $M^a$  і не більше максимального  $M^b$  граничних розмірів між роликками, які при парному числі зубів визначають за такими формулами.

Для валу:

$$M_a^M = \frac{d \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_{pm}} + D_m; \quad 1$$

$$M_a^b = \frac{d \cdot \cos \alpha}{\cos \alpha_{pb}} + D_m, \quad 2$$

де  $d$  – діаметр ділильного кола шліцьового з'єднання;  $\alpha$  – кут профілю зуба;  $\alpha_{pm}$  і  $\alpha_{pb}$  – відповідно найменший і найбільший кути тиску в місці доторкання ролика з профілем зуба.

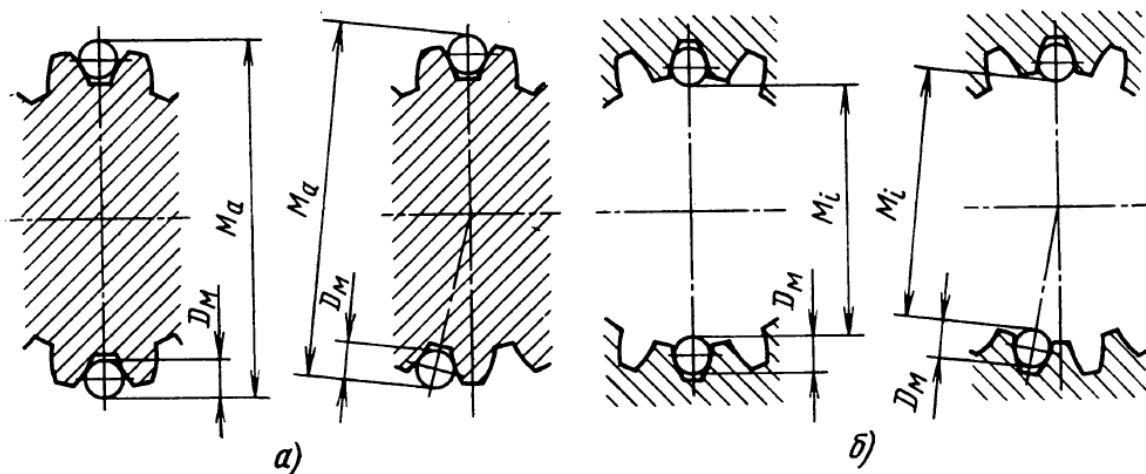


Рисунок 1 – Схема контролю ширини зубів валу (а) і ширини впадин втулок (б) евольвентного шліцьового з'єднання:  $M_a$  – відстань між зовнішніми поверхнями роликів для валів;  $M_i$  – відстань між зовнішніми поверхнями роликів для втулок;  $D_m$  – діаметр ролика

Значення  $\alpha_{pm}$  і  $\alpha_{pb}$  знаходять за таблицею евольвентних функцій, для чого попередньо визначаються значення  $inv\alpha_{pm}$  і  $inv\alpha_{pb}$  за формулами:

$$inv\alpha_{pm} = \frac{s+ei}{d} + inv\alpha + \frac{D_m}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{\pi}{z}; \quad (3)$$

$$inv\alpha_{pb} = \frac{s+es_e}{d} + inv\alpha + \frac{D_m}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{\pi}{z}; \quad (4)$$

де  $s$  – номінальна ділильна окружна товщина зуба валу;  $ei$  і  $es_e$  – відповідно нижнє і верхнє відхилення товщини зуба (з урахуванням знаку).

Для отвору:

$$M_i^m = \frac{d \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{pm}} - D_m; \quad (5)$$

$$M_i^b = \frac{d \cdot \cos\alpha}{\cos\alpha_{pb}} - D_m; \quad (6)$$

де  $\alpha_{pm}$  і  $\alpha_{pb}$  визначаються за формулами:

$$inv\alpha_{pm} = \frac{\pi}{z} + inv\alpha - \frac{D_m}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{e-EI_e}{d}; \quad (7)$$

$$inv\alpha_{pb} = \frac{\pi}{z} + inv\alpha - \frac{D_m}{d \cdot \cos\alpha} - \frac{e-ES}{d}; \quad (8)$$

де  $e$  – номінальна ділильна окружна товщина впадини втулки;  $EI_e$  і  $ES$  – відповідно нижнє і верхнє відхилення ширини впадини втулки.

При непарному числі зубів:

$$M'_a = \frac{M_a \cdot \cos 90^\circ}{z}; \quad (9)$$

$$M'_i = \frac{M_i \cdot \cos 90^\circ}{z}. \quad (10)$$

Вимірювання товщини зуба валу і ширини впадини втулки евольвентних шліцьових з'єднань з профілем зубів по ГОСТ 6033–80, з центруванням по бічних поверхнях зубів виробляють по ГОСТ 2475–88, який встановлює значення діаметрів роликів, номінальних розміри між роликами  $M$  і коефіцієнтами відхилення цих розмірами  $k$ . Граничні відхилення  $E_m$  розміру між роликами розраховують по граничних відхиленнях товщини зуб валу  $E_s$  або ширини впадини втулки  $E_e$  за допомогою коефіцієнта відхилення

$$E_{ma} = E_s \cdot k_a; \quad (11)$$

$$E_{mi} = E_e \cdot k_i; \quad (12)$$

де  $k_a$  і  $k_i$  – коефіцієнти відхилення відповідно для валу і втулки.

Величина фаски контролюється масштабною лінійкою, штангенциркулем, лупою з поділками або на інструментальному мікроскопі.

Відхилення профілю поздовжнього перерізу внутрішньої (при центруванні по  $d$ ) або зовнішньої (при центруванні по  $D$ ) циліндричної поверхні і відхилення від круглості цих поверхонь мають значення, перш за все, для високоточних шліцьових з'єднань. Засобами контролю є мікрометр або індикаторна скоба (для валу) або прилад для внутрішніх вимірювання (для втулки). По різниці відліків при вимірюванні діаметру в двох крайніх положеннях по довжині валу або втулки, що знаходиться в одній осьовій площині, визначається конусопо-дібність.

Перевірку відхилень від прямолінійності осі внутрішньої (при центруванні по  $d$ ) або зовнішньої (при центруванні по  $D$ ) циліндричної поверхні валу виконується в призмах або центрах приладу, коли є впевненість в співвісності підшипникових шийок і центрів валу. При вимірі вал встановлюють на шийках у призмах або в центрах. По циліндричній поверхні встановлюють вимірю-вальну головку і, обертаючи деталь від руки, визначають максимальну різницю показань головки за один оборот валу. При цій перевірці приймається, що радіальне биття рівно подвоєній величині відхилення від прямолінійності. Перевірку проводять в трьох перетинах – в середині і по кінцях зубів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1 Анділахай О.О., Ключко О.О., Камчатна-Степанова К.В., Старченко Є.П. Технологічні засоби обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань з модифікацією зубо-різного інструменту: Машино-будування і зварювальне виробництво / Наука та виробництво : міжвузівський тематичний збірник наукових праць. – Мариуполь : ДВУЗ «ПДТУ», 2019. – Вип. 19. – С. 50–63.

*Дерябкіна Є.С., Мисак П.І.*  
Державний біотехнологічний університет

### ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ВАКУУМ-ПЛАЗМОВИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

Проблема підвищення працездатності інструментів зі швидкорізальних сталей на сучасному етапі розвитку зміцнюючих технологій є найбільш актуальною, що пояснюється істотним відставанням технологічних розробок у цій області й більш скромними результатами (у порівнянні з інструментами із твердих сплавів).

Основними параметрами, що впливають на режим іонного бомбардування, є енергія бомбардування і її тривалість [1]. З метою визначення оптимальних режимів бомбардування чотирьохгранні пластини, що непереточуються, з твердого