

УДК 621.825.5

І.Є. Кравець, В.В. Малащенко, О.І. Сороківський  
 Національний університет “Львівська політехніка”  
 кафедра деталей машин

## СИЛОВА ВЗАЄМОДІЯ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ КУЛЬКОВИХ МУФТ ВІЛЬНОГО ХОДУ

© Кравець І.Є., Малащенко В.В., Сороківський О.І., 2003

**Обґрунтовано силову взаємодію між кулькою та поверхнями пазів півмуфт. Установлено закономірність зміни питомого тиску в робочій зоні доторкання цих елементів. Запропоновано аналітичні залежності для визначення максимальних і проміжних значень питомого тиску для двох крайніх випадків, що обмежуються можливими кутами нахилу пазів півмуфт до осі обертання муфти.**

**In a paper the power interplay between a bead and surfaces of a slot is reviewed. Regularities of variation of specific pressure in a working area of contact of these members are defined. The analysis of maximum ratings of specific pressure is held for two particular cases of contact of working members. Analytical dependences for definition of maximum and minimum values of specific pressure it is offered.**

Постановка проблеми пояснюється тим, що у різних галузях промисловості і особливо в машинобудуванні та приладобудуванні існують технологічні процеси, що вимагають однобічного обертання елементів механічного приводу. Така вимога виконується тим, що в кінематичній ланцюг “двигун-робочий орган” вводять муфти вільного ходу (обгінні) або храпові механізми. Аналіз останніх досліджень таких муфт підтверджує, що на теперішній час застосовуються здебільшого роликові обгінні муфти, що забезпечують передачу обертального моменту шляхом заклинювання роликів між півмуфтами з утворенням потрібних сил тертя [1, 2]. Тому такі муфти спроможні передавати порівняно невеликі потужності, швидко спрацьовуються поверхні дотику півмуфт з роликами та вимагають високої точності виготовлення і монтажу окремих елементів [3].

З метою покращання експлуатаційних характеристик і пом'якшення точності виготовлення розроблено нові кулькові муфти вільного ходу [4...6]. Загальною ознакою цих муфт є те, що обертальний момент ними передається шляхом зачеплення кульки або кульок з півмуфтами, що мають на своїх торцях відповідні пази. Причому форма пазів півмуфт може змінюватись залежно від технології виготовлення. Це висуває нові завдання з дослідження навантажувальної здатності таких муфт і насамперед вивчення силової взаємодії між окремими їхніми елементами, що являється завданням цієї роботи.

Об'єктом досліджень є модель розробленої кулькової муфти вільного ходу для вуглерозмельюючих млинів, на заявку якої отримано позитивне рішення на видачу патенту України [7]. Принципова схема цієї муфти показана на рис. 1. Запропонована муфта включає в себе півмуфту 1 у вигляді циліндричної маточини, на зовнішній поверхні якого нарізано пази 8 під кутом  $\alpha$  (рис. 1, б) до осі обертання, де розміщено кульки 3. Півмуфта 2 має також маточину та циліндричне кільце, на торцях котрого нарізано подібні пази зі зворотним нахилом (рис. 1, в). Півмуфти розміщені у спільному стакані 4, що болтами 5 закріплюється до веденої півмуфти. Для надійного вмикання муфти в роботу, тобто вчасного зчеплення півмуфт, муфта обладнана кільцем 6, що спирається на гвинтову пружину 7.

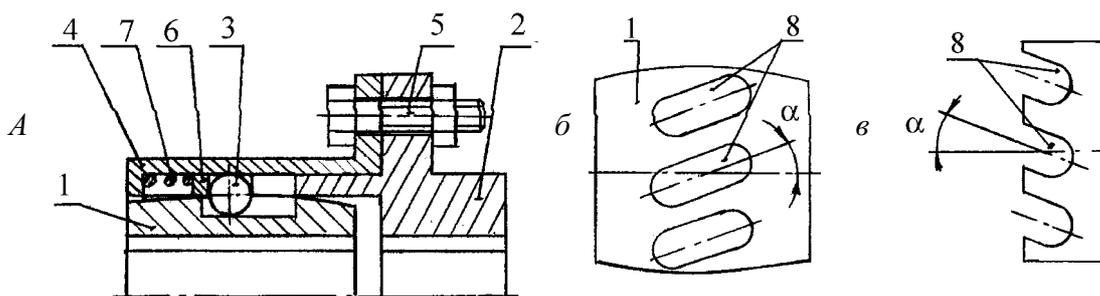


Рис. 1. Принципова схема кулькової муфти вільного ходу: а – загальний вигляд; б і в – розміщення пазів відповідно на ведучій та веденій півмуфтах

Принцип роботи цієї муфти достатньо очевидний із рис. 1, тому тут описувати докладно недоцільно, читач може прочитати про це в [7].

Із рис. 1 видно, що муфта може працювати в двох режимах, це залежить від розташування кульок. Якщо кульки займають крайнє ліве положення, то передача муфтою обертального моменту неможлива – муфта працює у холостому режимі. До робочого стану муфта перейде тоді, коли кульки будуть розташовані у крайньому правому положенні. Вони шляхом зачеплення передають обертальний момент між півмуфтами, що призводить до навантаження робочих поверхонь як кульок, так і півмуфт, значення та закон розподілення якого необхідно знати для проведення розрахунків на міцність. За результатами попереднього аналізу встановлено, що закон розподілення навантаження на поверхні кульки значною мірою залежить від форми кінців пазів у робочій зоні [8].

Тут розглядається випадок, коли пази півмуфт нарізуються фрезою пальцевою з заокругленнями їхніх кінців. Якщо заокруглення виконується тільки на площині, що є перпендикулярною до радіуса півмуфти та на котрій знаходиться хорда  $ab$  (рис. 2,а) (надалі будемо її називати дотичною площиною), то це є несприятливий випадок, тому що дотикання між кулькою та поверхнею внутрішньої півмуфти відбувається по дузі з радіусом  $r_p = r \cos \gamma$ , а з зовнішньою півмуфтою по дузі кола з радіусом наближеним до радіусу кульки  $r$ . Однак при будь-якому випадку спостерігається нерівномірне розподілення питомого тиску на дотичних площинах кожної півмуфти. На основі попереднього аналізу можна стверджувати, що закон розподілення питомого тиску на ведучій і веденій півмуфтах є однаковим і наближеним до параболічного типу

$$p_\gamma = p_0 \left( 1 - \frac{x^2 + y^2}{r^2} \right), \quad (1)$$

де  $p_\gamma$  – значення питомого тиску в точці з кутовою координатою  $\gamma$ ;  $p_0$  – питомий тиск;  $x$  і  $y$  – координати;  $r$  – радіус кульки.

Використовуючи (1), можна установити закони зміни питомого тиску на всій дузі дотику у функції середнього його значення, якщо відомі розміри муфти.

Доцільно розглянути два можливі випадки. Це коли кути нахилу пазів до осі обертання дорівнюють:  $\alpha=0$  і  $\alpha=45^\circ$ . Перший – теоретично можливий, а другий випадок існує тоді, коли дуга дотику кульки та паза півмуфти є найбільшою і дорівнює  $l = 3\pi r/4$ .

Для зручності розв'язання поставленої задачі початок координат розміщується у центрі ваги кульки  $O$  (з радіусом  $r=20$  мм) (рис. 2, б). Результати розрахунків наведено у вигляді таблиці.

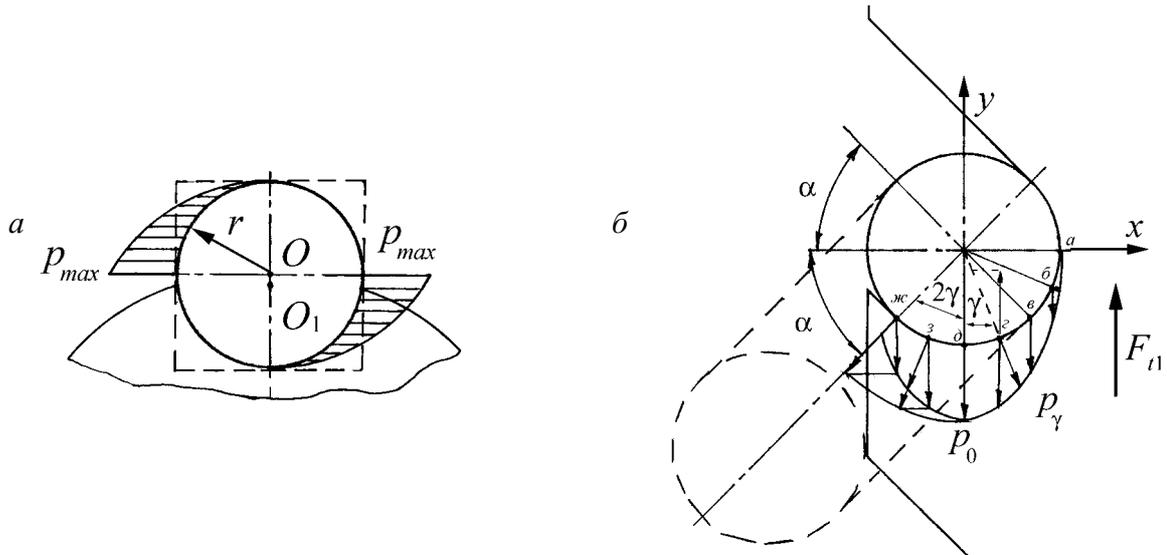


Рис. 2. Графіки розподілення питомих тисків:  
а – на площині обертання; б – на дотичній площині

### Координати та силові характеристики зачеплення кульки

Точка	а	б	в	г	д	з	ж
Координата x в мм	20,0	18,478	14,142	7,654	0	-7,654	-14,142
Координата y в мм	0	-7,654	-14,142	-18,478	-20	-18,478	-14,142
Кут $\gamma$ в град	0	22,5	45	67,5	90	112,5	135
$p_\gamma=f(p_0)$	0	0,1965 $p_0$	0,5 $p_0$	0,8535 $p_0$	$p_0$	2,00005 $p_0$	0,9999 $p_0$

Примітка. Точки а-ж для кута нахилу пазів  $\alpha=45^\circ$ .

Точки а-д для кута нахилу пазів  $\alpha=0$ .

Максимальний питомий тиск у точці на робочій чвертині поверхні кульки

$$p_0 = \frac{F_{t1}}{2\pi r^2 (1 - \cos^4 \gamma_{max})}, \quad (2)$$

де  $F_{t1} = F_t/z$  – навантаження кульки під час передачі моменту;  $F_t$  – колова сила;  $z$  – кількість кульок;  $r$  – радіус кульок;  $\gamma_{max} = \frac{3\pi}{4}$  – кут, що визначає довжину робочої дуги на поверхні кульки.

За результатами таблиці побудовані графіки зміни погонного навантаження у двох взаємно перпендикулярних площинах (рис. 2, б) у функції максимального питомого тиску.

Подібні розрахунки проведено для теоретичного випадку, коли кут нахилу пазів дорівнює нулю, а контакт між кулькою та поверхнями пазів півмуфт можливий на дузі  $ad$  (рис. 2, б). Координати точок а, б, в, г і д та закономірність зміни проміжного питомого тиску подібні до попереднього випадку, що підтверджує їхню вірогідність. Але для другого випадку іншим є значення  $p_0$ , що визначається за рівнянням (2) для  $\gamma_{max} = \frac{\pi}{2}$ . Графік зміни навантаження на коловій дотичній площині для цього випадку зображено на рис. 2, в.

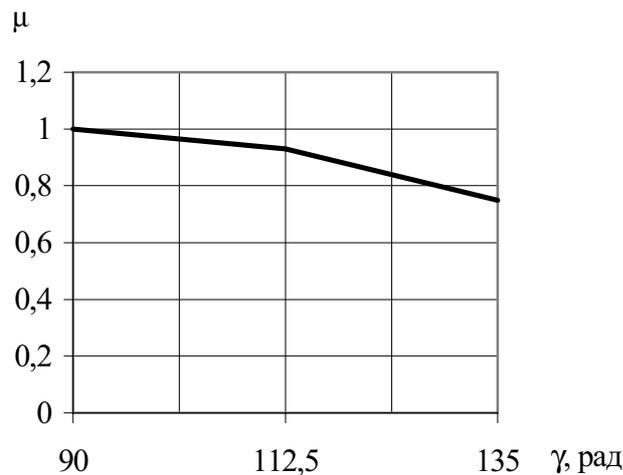


Рис. 3. Зміна максимального тиску у функції кута контакту

Проведено також кількісний аналіз зміни максимального погонного тиску залежно від величини кута, що визначає довжину дуги дотику між кулькою та поверхнею паза півмуфти.

Отримані результати в масштабі  $\mu = \frac{F_{t1}}{2\pi r^2}$  показані на рис. 3. За результатами

досліджень можна зробити такі основні висновки:

Проведено вперше обґрунтування силової взаємодії між кулькою та поверхнями пазів півмуфти. Установлено у загальному вигляді закономірність зміни питомого тиску в робочій зоні доторкання цих елементів з проведенням для двох конкретних випадків доторкання робочих елементів кількісного аналізу максимальних їхніх значень, що дало можливість провести апробацію розробленої методики.

Запропоновано аналітичні залежності для визначення максимальних і проміжних значень питомого тиску для двох крайніх випадків, що обмежуються можливими кутами нахилу пазів півмуфти до осі обертання муфти.

Отримані результати дають змогу проводити розрахунки на міцність основних елементів запропонованої та подібних кулькових муфт вільного ходу під час проектування та експлуатації. Вони створюють підґрунтя для розробки та впровадження у виробництво нового простішого і надійнішого обладнання.

1. ДСТУ 2278-93. Муфти механічні. Терміни та визначення. 2. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – К.: Вища школа, 1993. – 558 с. 3. Поляков В.С., Барбаи І.Д., Ряховський О.А. Справочник по муфтам. – М.: – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с. 4. Конічна обгінна муфта. Патент України № 29068А, 1999 / Малащенко В.О., Петренко П.Я., Сороківський О.І./ 5. Кулькова муфта вільного ходу. Патент України № 28884А, 1999 / Малащенко В.О., Сороківський О.І./ 6. Обгінна муфта. Патент України № 32809А, 2001 / Малащенко В.О., Петренко П.Я., Сороківський О.І. 7. Позитивне рішення на видачу Патенту України на заявку №2002053740. Обгінна муфта / Куновський Г.П., Кравець І.Є., Малащенко В.О., Сороківський О.І. 8. Сороківський О.І. Розробка конструкцій та методики розрахунку кулькових муфт вільного ходу. Автореф. дисс... канд. дисертації, 2000. – 16 с.