

УДК 621.825 (075.8)

DOI: 10.15276/pidtt.1.68.2023.07

¹Малашенко В. О., ²Семенюк В. Ф., ³Лисяк Б. Р.¹Національний університет «Львівська політехніка»²Національний університет «Одеська політехніка»³Дрогобицька машинобудівельна компанія

ПАРАМЕТРИ КУЛЬКОВОЇ ОБГІННОЇ МУФТИ ДВОСТОРОННЬОЇ ДІЇ

Анотація. У статті запропоновано конструкційні особливості та результати кінематично-силових досліджень кулькової обгінної муфти, що може ефективно застосовуватися для гайковертів з загвинчування відгвинчування нарізевих з'єднань із підвищеною швидкістю. Відомо, що в таких механізмах регулювання величини сили затягування нарізевих з'єднань здійснюється силою затягування пружин, які з часом втрачають початкову величину сили пружності. Для покращення процесів монтажу і демонтажу технічних засобів розроблено та запатентовано декілька кулькових обгінних муфт, які передають обертальний момент за принципом зачеплення кульок, що розташовані в пазах ведучої та веденої півмуфти. Проведені дослідження підтвердили те, що розроблені кулькові запобіжні муфти можна ефективно застосовувати як пристрої для обмежування величини обертального моменту в гайковертах при виконанні монтажних-демонтажних операцій.

Ключові слова: муфти, обгінні муфти, кулькові обгінні муфти, з'єднання півмуфт.

Вступ та аналіз відомих досліджень і публікацій. Враховуючи масштабність застосування в технічних засобах з'єднувальних роз'єднувальних механізмів, муфтам вільного ходу постійно приділяється велика увага науково-інженерного персоналу. Основними об'єктами досліджень таких муфт є питання збільшення терміну експлуатації та надійності, а також зниження точності виготовлення і металомісткості. Однак ці дослідження здебільшого стосуються роликів муфт вільного ходу, що передають навантаження тільки в одному напрямку.

На тепер відомо, що в останній час розроблено низку нових муфт цього класу, з'єднуючим елементом яких є кулька, або декілька кульок [1...6]. Тому з метою розширення функціональних можливостей стосовно обмеження максимального обертального моменту з одночасним виконанням класичних функцій в

Національному університеті „Львівська політехніка” розроблено нові кулькові муфти, на які отримано патенти України на винахід та корисну модель [7, 8 та ін.]. Принципова схема однієї із них наведена на рис.1, що є об’єктом даної статті.

Постановка задачі

Відомо, що нарізеві з’єднання широко застосовуються в техніці, бити та інших галузях народного господарства. Для покращення процесів їхніх складання та демонтажу застосовуються спеціальні технічні прилади. При чому необхідні зусилля регулюється відповідним затягуванням робочої пружини, а загвинчування та відгвинчування гайок залежить від напрямку обертання робочого елемента. Робоча пружина з часом втрачає початкову пружність, зміна напрямку обертання робочого органу вимагає певної втрати часу на переключення. Таки обставини ставлять очевидну необхідність проведення покращення цих процесів шляхом створення нових пристроїв із проведення необхідних їхніх досліджень. У даному випадку це і є основною задачею цієї статті.

Основний матеріал

Розроблена кулькова муфта вільного ходу (рис.1) складається із півмуфт 1 і 2, на торцях яких виконано пази під кутами α з віссю обертання муфти (рис.2). Півмуфти з’єднуються або роз’єднуються у залежності від положення кульок 6. На рис. 1 наведена муфта в робочому стані такому, коли кульки надійно з’єднують півмуфти. Кульки надійно заковчуються в пази під дією диска 3, пружину 4, сила пружності якої регулюється гайкою 5. У залежності від конкретних умов роботи ведучою може бути будь-яка півмуфта 1 або 2. Якщо запропонований пристрій застосовується як обмежувач обертального моменту під час виконання монтажно-демонтажних операцій, наприклад, для складання різьбових з’єднань, то півмуфта 1 буде ведучою. Її можна закріплювати у звичайну електродріль, а у внутрішній отвір півмуфти 2 встановлювати необхідний інструмент (викрутку, ключ тощо). Принцип роботи муфти очевидний із рис.1. Обертальний момент, з яким необхідно загвинчувати, наприклад, гвинт, установлюється регулювальною гайкою 5, яка регулює зусилля пружини 4, що діє на диск 3 і кульки 6. Під час обертання ведучої півмуфти обертальний момент передається кульками, які за допомогою пружини та кільця заковчуються у пази веденої півмуфти. У випадку, коли навантаження перевищить допустиме, кульки виштовхуються боковими робочими поверхнями з пазів півмуфт, відтискаючи диск 3 ліворуч. Внаслідок цього муфта розмикається і кульки проковзують по торцевій поверхні веденої півмуфти 2. При цьому створюється деякий стукіт кульок з боковими поверхнями пазів веденої півмуфти, що сигналізує початок вимикання привода ведучої півмуфти.

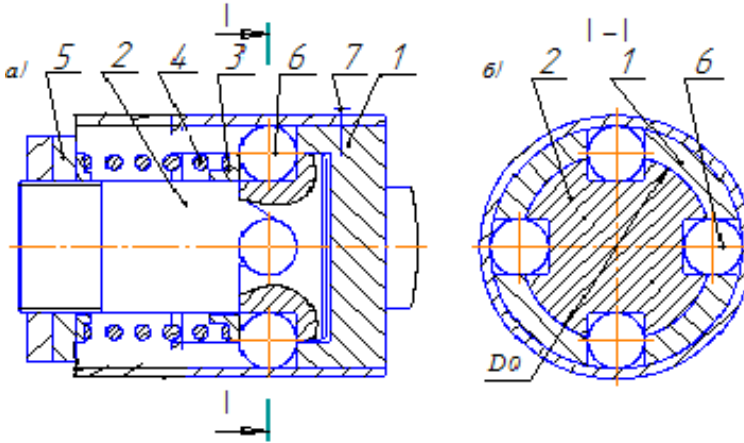


Рис.1. Принципова схема муфти: а) загальний вигляд; б) переріз I-I

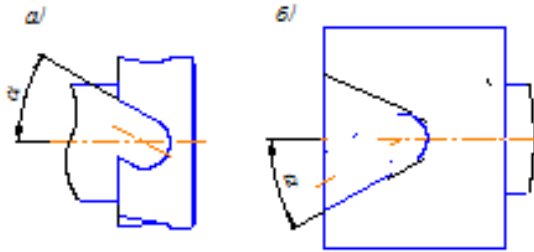


Рис.2. Напрямок виконання пазів півмуфт: а) внутрішня півмуфта; б) зовнішня півмуфта

Силова взаємодія між кулькою і робочими поверхнями пазів наведено на рис.3, де F_t – колова сила, що діє на одну кульку; F_x – її осьова складова; F_N – сумарна (нормальна) сила тиску кульки на поверхню веденої півмуфти; F_{np} – сила пружності пружини, що діє також на одну кульку.

Враховуючи відносно не жорсткі вимоги щодо точності виготовлення елементів півмуфт, перераховані зусилля визначаються за формулами:

$$F_t = \frac{2T_p}{K_i D_0 i}; F_x = \frac{2T_p}{K_i D_0 i} \operatorname{tg} \alpha; F_N = \frac{2T_p}{K_i D_0 i \cos \alpha}, \quad (1)$$

де D_0 – діаметр кола центрів кульок (рис.1, б); i – кількість кульок; $K_i=0,85\dots0,9$ – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження. Кут нахилу пазів півмуфт доцільно приймати в межах $\alpha=20\dots70^\circ$. Це залежить від пружних можливостей натискної пружини 4 (рис.1) та вибраного кута α . Розмір λ необхідно погоджувати з діаметром кульок d (рис.3).

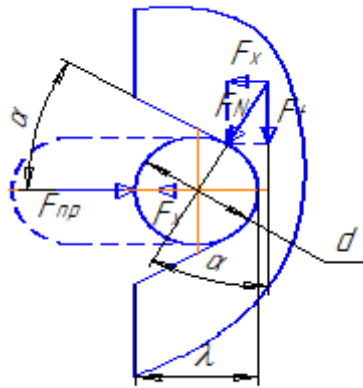


Рис.3. Розрахункова схема запобіжної муфти

Обертальний момент, що передається муфтою регулюється пружиною 4. Її сила пружності дорівнює
$$F_{np} = \frac{Gd_0^4 \lambda}{8D^3 i_p}, \quad (2)$$

де G – модуль пружності при зсуві матеріалу пружини ($G=8 \cdot 10^4$ МПа); d_0 – діаметр дроту пружини; λ – осьова деформація пружини, яка рівна глибині паза (рис.3); D – середній діаметр пружини; i_p – кількість робочих витків пружини.

Без урахування сили тертя в рухомих елементах муфти, які є малими порівняно з робочими, можна записати

$$F_x = F_{np} = \frac{Gd_0^4 \lambda}{8D^3 i_p}. \quad (3)$$

За виразами (1), (2) і (3) остаточно розв'язуємо поставлену задачу, тобто отримуємо залежність між обертальним моментом муфти та її основними конструктивними параметрами

$$\frac{2T_p}{K_i D_0 i} \operatorname{tg} \alpha = \frac{Gd_0^4 \lambda}{8D^3 i_p}; \quad T_p = \frac{D_0 i G d_0^4 \lambda}{16 K_i D^3 i_p \operatorname{tg} \alpha}. \quad (4)$$

Для підтвердження наведеного проведено кількісний аналіз запропонованої муфти з початковими параметрами: діаметр кола центрів кульок $D_0=50$ мм; кількість кульок $i=4$; діаметр кульок $d=10$ мм; діаметр дроту пружини $d_0=0,5 \dots 4$ мм; осьова деформація пружини рівна глибині паза $\lambda=4 \dots 10$ мм; середній діаметр пружини $D=45$ мм; кількість робочих витків пружини $i_p=5$.

Результати кількісного аналізу залежностей між пружною силою та діаметром дроту пружини і обертальним моментом наведено відповідно на рис.4 і 5.

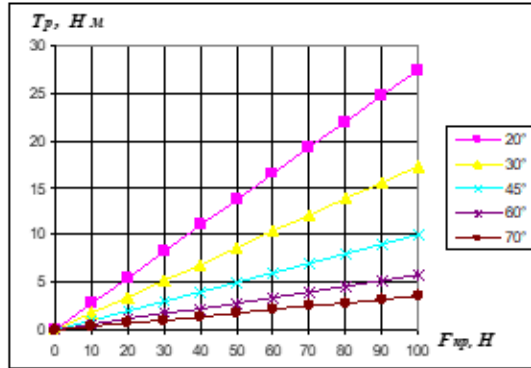
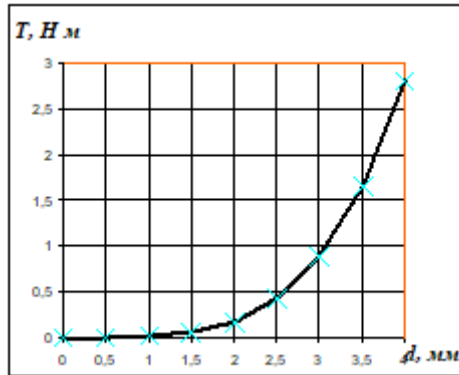


Рис.4. Залежність між силою пружності пружини

Рис.5. Залежність між діаметром дроту пружини і обертальним моментом спрацювання муфти і обертальним моментом спрацювання муфти для $\alpha = 45^\circ$

Отож у знайдених раніше [3] співвідношеннях, які характеризують силову взаємодію між кульками та пазами півмуфт, сили тертя не враховувались, які реально в контакті деталей завжди присутні. Тому впровадження в модель муфти ефекту тертя означатиме якісну зміну математичного тлумачення властивостей муфти вільного ходу, але тертя не настільки велике, щоб цілком знівелювати їхню цінність. Нами робиться спроба встановити місця та напрямки дії сил тертя для ймовірніших станів муфти без врахування інерції кульок. За основу приймаємо неінерційні силові чинники під час вмикання кулькової обгінної муфти, у якій відсутнє тертя [3] (рис. 6).

Зауважимо, що у цьому випадку кути орієнтації пазів можуть бути різними, тобто у ведучої півмуфти — α' , а у веденої — α'' . Якщо кулька вже є у пазу веденої півмуфти (рис. 6,а), то нормальні сили F'_N і F''_N будуть спрямовані радіально до центра кульки та ортогональні до робочих поверхонь пазів та спільно із силою $F_{пр}$ сприятимуть переміщенню кульки вглиб паза веденої півмуфти. Може бути

випадок, що кулька в якусь мить контактує з крайкою веденої півмуфти (рис. 6,б), то сила F'_N вже не буде ортогональною до робочої поверхні паза веденої муфти, її орієнтацію визначатиме кут β відносно площини обертання (рис. 6,в). Ця сила F'_N буде спрямована до центра кульки тому, що крайка має ненульову кривину.

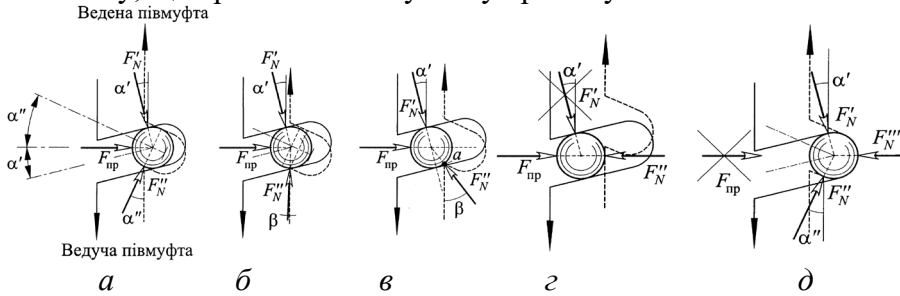


Рисунок 6 Характерні стани кульки у разі вмикання (зацеплення) муфти

Розглядається також випадок, коли сила F'_N навіть створюватиме деякий момент відносно крайки (точка a) веденої півмуфти, спрямований проти моменту сили $F_{пр}$ тиску пружини (рис. 6, в). Розглядаються також моменти силової взаємодії, що наведені на рис. 6, з і д. Тут розглядається муфта, що має кульки з діаметрами до 8 мм, тому силами інерції знехтуємо. При цьому визначається силова взаємодія для різних станів муфти, тобто різні положення кульок по відношенню до пазів півмуфт.

Приміром, у разі перебування без інерційної кульки поза пазом веденої півмуфти сила F'_N є відсутня (рис. 6, з). Положення д це таке, коли кулька перебуває вже в робочому положенні (рис. 6, д), тобто вона дотиклася до кінця паза веденої півмуфти. Тепер натисне кільце без тиску на кульку тільки закриває вхід пазів веденої півмуфти, пружина послабляється та сила $F_{пр}$ не тисне на кульки, а тільки утримує натисне кільце в сталому положенні (рис. 6, д), яке обертається разом з кульками та пружиною. Кожна кулька знаходиться у положенні рівноваги під дією сил F'_N , F''_N , F'''_N . Знаючи зовнішній обертальний момент для конкретного випадку, можна без труднощів порахувати ці зусилля за відомими залежностями [3], починаючи з колової сили.

Висновок

Визначено силову взаємодію між кульками та боковими поверхнями пазів півмуфт для різних станів муфти. Установлено, що тертя істотного впливу на силову взаємодію не виявляє, а силу тертя необхідно враховувати під час підвищених вимог стосовно точності

налаштування приладу на певний обертальний момент особливо для підвищених габаритів робочих кульок.

Встановлено силові співвідношення елементів муфти для основних етапів їх включення та теоретично-графічні залежності між обертальним моментом і робочими поверхнями пазів півмуфт, що дає можливість та показує необхідність проведення подальших досліджень режимів функціонування нових кулькових муфт вільного ходу з всебічним урахуванням режимів їхніх включень.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2278-93. Муфти механічні. Терміни та визначення.
2. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. – Львів, НУ “Львівська політехніка”, 2006. – 196 с.; 2009. – 208 с.
3. Малащенко В.В. Підвищення ефективності роботи механізмів вільного ходу застосуванням кулькових муфт. – Львів. Дис. канд. наук, 2009. – 146с.
4. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – Львів, Афіша. 2003. -559 с.
5. Ряховский О.А., Иванов С.С. Справочник по муфтам. –Л.: Политехника, 1991. – 383с.
6. Патент № 66514А Україна, МКИ F16D41/04. Запобіжна муфта./ Гащук П.М., Малащенко В.В., Сороківський О.І. // Опубл. 2004. Бюл. №5.
7. Патент № 77435 Україна, МКИ F16D41/04. Запобіжна муфта. / Гащук П.М., Малащенко В.В., Сороківський О.І. // Опубл. 2006. Бюл. №12.
8. Патент № 30362 Україна, МКИ F16D41/06. Обгінна муфта. /Малащенко В.В. // Опубл. 2008. Бюл. № 4.
- 9.Патент № 53354А Україна, МКИ F16D41/06. Обгінна муфта. / Куновський Г.П., Кравець І.С., Малащенко В.О., Сороківський О.І.// Опубл. 15.01.2003. Бюл. № 1.
10. Патент № 64104 Україна, МКИ F16D43/00. Запобіжна муфта. / Малащенко В.О., Малащенко В.В. // Опубл. 2011. Бюл. №20.
11. Malaschtchenko V. Vol'nobezna qulbekova spojka. / V. Malaschtchenko, J. Homuschin, O. Sorokivskiy // Strojarstvo Srojirenstvi, № 12, 2001.
– С. 56–58 (Slovinsko).
12. Malaschtchenko V. The Selection of Parameters of a Coaster Ball clutch and Recommendation for its Construction. / V. Malaschtchenko, O. Sorokivskiy// Transactions of the Universities of Kosic, № 2, 2002. – С. 1 – 6 (Slovinsko). – С. 200.

13. В.О. Малащенко, Є.С. Венцель, А.О. Борис. Можливості виконання запобіжних функцій кульковою обгінною муфтою осьової дії. – Харків. Вісник Національного технічного університету „ХПІ”, № 1, 2020. – С. 61-65.

14. Патент 28884А Україна, МКИ F16D41/06. Кулькова муфта вільного ходу. Малащенко В.О., Сороківський О.І. Опубл. 29.123.99. Бюл. № 8.

15. Патент 29068А Україна, МКИ F16D41/06. Конічна обгінна муфта. Малащенко В.О., Петренко П.Я., Сороківський О.І. Опубл. 29.123.99. Бюл. №8.

16. Патент 32809А Україна, МКИ F16D41/06. Обгінна муфта. Малащенко В.О., Петренко П.Я., Сороківський О.І. Опубл. 29.123.99. Бюл. №8.

17. Патент 45667А Україна, МКИ F16D41/06. Обгінна муфта. Малащенко В.О., Павлице В.Т., Петренко П.Я., Сороківський О.І. Опубл. 15.04.2002. Бюл. №4.

18. Патент 56483А Україна, МКИ F16D41/06. Обгінна муфта. Куновський Г.П., Кравець І.Є., Малащенко В.О., Сороківський О.І. Опубл. 15.05.2003. Бюл. №5.

PARAMETERS OF DOUBLE ACTION BALL OVERTURN COUPLING

¹Malashchenko V. O., ²Semenyuk V. F., ³Lysiak B. R.

¹Lviv Polytechnic National University

²Odesa Polytechnic National University

³Drohobytsk machine-building company

Extended abstract. The article offers design features and results of kinematic and force studies of a ball overrunning clutch, which can be effectively used for screwdrivers for screwing and unscrewing threaded connections at increased speed. It is known that in such mechanisms, the tightening force of the threaded connections is controlled by the tightening force of the springs, which over time lose the initial amount of elastic force. In order to improve the processes of installation and disassembly of technical equipment, several overrunning ball couplings have been developed and patented, which transmit torque based on the principle of engagement of balls located in the grooves of the leading and driven half-couplings. The conducted studies confirmed that the developed safety ball couplings can be effectively used as devices for limiting the amount of torque in screwdrivers during assembly and disassembly operations.

Keywords: couplings, bypass couplings, ball bypass couplings, half-coupling connections.