

УДК 621.81

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ З'ЄДНАННЯ ВАЛІВ МЕХАНІЗМІВ МАШИН

В.В. ЧАБАН, Б.Ф. ПІПА

Київський національний університет технологій та дизайну

Представлено результати досліджень по удосконаленню засобу з'єднань валів механізмів машин. Запропоновано нову конструкцію засобу з'єднання валів – фланцеву різьбову муфту, що дозволяє знизити інерційність засобу з'єднання валів, і тим самим підвищити надійність та ефективність його роботи. Наведено методику вибору параметрів та оцінки працездатності і ефективності роботи запропонованої муфти

Надійність та довговічність роботи вузлів та механізмів машин, в тому числі і машин легкої промисловості, в значній мірі залежать від надійності з'єднання їх валів між собою. В сучасних вузлах та механізмах машин більшість з'єднань валів здійснюється за допомогою фланцевих муфт [1...3]. Великий зовнішній діаметр фланцевих муфт, що в 3 і більше разів перевищує діаметр з'єднуваних валів, та їх вага призводять до збільшення моменту інерції обертальних мас механічної системи, де використовуються фланцеві муфти, що в свою чергу викликає значні динамічні навантаження [4, 5] і, в цілому, призводить до зниження надійності та довговічності роботи з'єднання валів.

Враховуючи доцільність підвищення надійності та довговічності з'єднання валів вузлів та механізмів машин, проблема розробки нових конструкцій муфт та методик вибору їх робочих параметрів і перевірки працездатності є актуальною для сучасного машинобудування, зокрема легкого.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень обрано фланцеву муфту для жорсткого з'єднання валів і методику вибору її робочих параметрів та перевірки працездатності.

При розв'язанні задач, поставлених у даній роботі, були використані сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії опору матеріалів та деталей машин.

Постановка завдання

Завданням досліджень стала розробка нової більш досконалої конструкції жорсткої фланцевої муфти та методики вибору її робочих параметрів і перевірки працездатності.

Результати і їх обговорення

Враховуючи недоліки існуючих конструкцій фланцевих муфт, автори запропонували нову конструкцію муфти, схема якої представлена на рис. 1 (Пат. України на корисну модель № 46859, 11.01.2010, МПК⁹: F 16 B 21/00).

Муфта містить дві напівмуфти 1, 2 та з'єднуючий засіб для їх з'єднання, виконаний у вигляді різьбового з'єднання, зовнішня різьба 3 якого розташована на напівмуфті 1, а внутрішня різьба 4 – в напівмуфті 2. Напівмуфта 1 закріплена на валу 5 за допомогою шпонки 6, а напівмуфта 2 на валу 7 за допомогою шпонки 8. Муфта містить також центруючий буртик 9, що дозволяє здійснювати центрування з'єднуваних нею валів 5, 7.

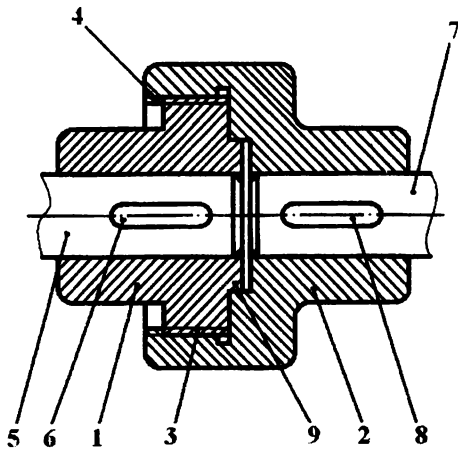


Рис. 1. Схема фланцевої різьбової муфти

З'єднання валів муфтою виконується та працює таким чином. На кінець вала 5 за допомогою шпонки 6 закріплюють напівмуфту 1. На кінець вала 7 за допомогою шпонки 8 закріплюють напівмуфту 2. Вали з напівмуфтами приближують один до одного і шляхом обертання одного із них здійснюють нагвинчування напівмуфти 2 з внутрішньою різьбою 4 на напівмуфту 1 з зовнішньою різьбою 3 (або вгвинчують напівмуфту 1 в напівмуфту 2). Наявність центруючого буртика 9 дозволяє досягти бажаної точності центрування з'єднаних муфтою валів 5, 7. Зменшення зовнішнього діаметру муфти зменшує її металомісткість та інерційність, що забезпечує підвищення довговічності роботи муфти.

Слід відмітити, що з'єднання валів за допомогою запропонованої муфти працездатне лише для умови нереверсивного їх обертання, що має місце в багатьох типах машин, зокрема в машинах легкої промисловості.

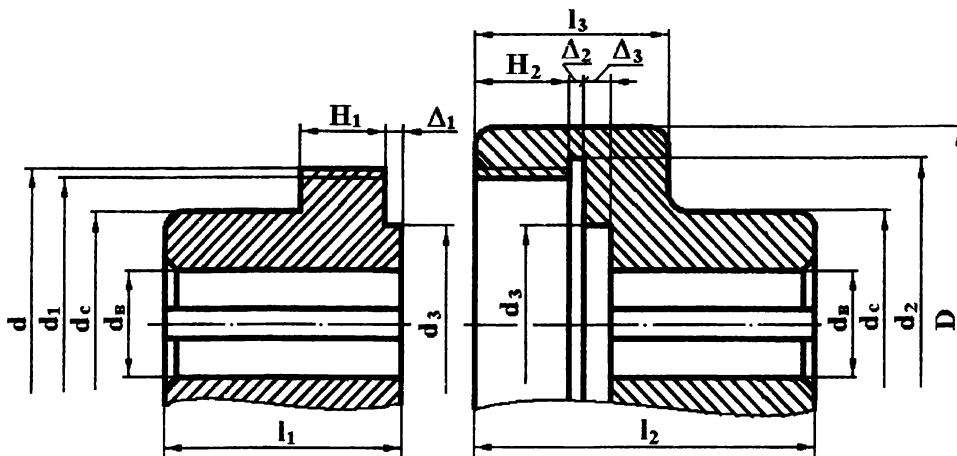


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення параметрів фланцевої різьбової муфти

Розглянемо умови працездатності різьбового з'єднання напівмуфт. Величина крутного моменту T_p , що діє на різьбу з'єднання, знаходиться із умови:

$$T_p = T - T_m, \tag{1}$$

де T – крутний момент муфти;

T_m – момент тертя на опорній поверхні напівмуфт,

$$T_m = \frac{1}{3} F_a f \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^2 - d_3^2}; \tag{2}$$

F_a – осьова сила різьби, згідно з теорією різьбової пари [3]:

$$F_a = \frac{2T_p}{d_p t g(\psi + \rho')}; \tag{3}$$

d_1, d_3 - відповідно внутрішній діаметр різьби та діаметр центруючого буртика;

d_p – середній діаметр різьби;

ψ - кут підйому різьби,
$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi d_p} ; \tag{4}$$

p - крок різьби;

ρ' - приведений кут тертя різьби,
$$\rho' = \frac{\rho}{\cos 0,5\alpha} ;$$

ρ - кут тертя різьби, $\rho = \arctg f_1$;

f_1 - коефіцієнт тертя різьби;

α - кут профілю різьби;

f - коефіцієнт тертя напівмуфт.

Враховуючи (1), (2), із рівняння (3) знаходимо:

$$F_a = \frac{2T}{d_p \operatorname{tg}(\psi + \rho') + \frac{2}{3} f \frac{d_1^3 - d_3^3}{d_1^2 - d_3^2}} . \tag{5}$$

Враховуючи відповідальність різьбового з'єднання напівмуфт, перевірку його працездатності доцільно виконувати згідно з методикою перевірки відповідального різьбового з'єднання [6]:

$$\tau_{zp} = \frac{F_a}{\pi z k \psi p d} \leq [\tau_{zp}] ; \tag{6}$$

$$\sigma_{z2} = \frac{3F_a (d - d_1)}{2\pi z k \psi^2 p^2 d} \leq [\sigma_{z2}] ; \tag{7}$$

$$\sigma_{zm} = \frac{4F_a}{\pi z k (d^2 - d_1^2)} \leq [\sigma_{zm}] . \tag{8}$$

де τ_{zp} , $[\tau_{zp}]$, σ_{z2} , $[\sigma_{z2}]$, σ_{zm} , $[\sigma_{zm}]$ - напруження зрізу, згину та зминання витків різьби відповідно діюче і допустиме;

d - зовнішній діаметр різьби;

z - рекомендоване число робочих витків різьби, $z \leq 10$ [6];

k - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між витками різьби, $k \approx \frac{5p}{d}$;

ψ - коефіцієнт повноти різьби, для трикутної (метричної) різьби $\psi = 0,87$ [6];

Необхідна довжина ділянок напівмуфт з різьбою H_1 , H_2 може бути знайдена із умов:

$$H_1 \geq zp, \quad H_2 = H_1 + (3...5)\text{мм} . \tag{9}$$

Працездатність муфти забезпечується також міцністю корпусу із умови роботи його на розтяг та кручення. Згідно з четвертою теорією міцності [7]:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau_k^2} \leq [\sigma_p] , \tag{10}$$

де σ_e , σ_p , $[\sigma_p]$, τ_k - напруження еквівалентне, розтягу (відповідно діюче і допустиме) та кручення

матеріалу корпусу муфти;
$$\sigma_p = \frac{4F_a}{\pi (D^2 - d_2^2)} ; \tag{11}$$

D, d_2 - відповідно зовнішній та внутрішній діаметри перерізу корпусу муфти (рис. 2);

$$\tau_k = \frac{T - T_m}{W_p}; \tag{12}$$

W_p - полярний момент опору перерізу корпусу муфти [7],

$$W_p = 0,2D^3 \left[1 - \left(\frac{d_2}{D} \right)^4 \right]. \tag{13}$$

Що стосується інших розмірів напівмуфт, то їх можна вибирати, враховуючи загальноприйняті для муфт рекомендації [1, 6] та особливості конструкції запропонованої муфти (рис. 2):

$$d_c = (1,5 \dots 1,6)d_a; \quad l_1 = (1,25 \dots 2,0)d_a; \quad l_2 = l_1 + H_2 + \Delta_2 + \Delta_3; \\ l_3 = H_2 + \Delta_2 + \Delta_3 + (5 \dots 10) \text{ мм}, \quad D = d + (5 \dots 12) \text{ мм}, \tag{14}$$

де d_c, d_a, l_1, l_2 - відповідно діаметр ступиць, діаметр отвору напівмуфт для вала, довжина ступиці з зовнішньою різьбою та довжина напівмуфти з внутрішньою різьбою;

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - ширина центруючого буртика, проточки та глибина впадини під центруючий буртик.

Інші розміри напівмуфт вибираються із конструктивних міркувань.

З метою підвищення надійності та ефективності роботи фланцевої різьбової муфти автори запропонували більш досконалу її конструкцію, схема якої представлена на рис. 3.

Муфта містить дві напівмуфти 1, 2, причому напівмуфта 1 має зовнішню різьбу 3, а напівмуфта 2 має внутрішню різьбу 4. Напівмуфта 1 закріплена на валу 5 за допомогою шпонки 6, а напівмуфта 2 на валу 7 за допомогою шпонки 8. Напівмуфта 1 містить центруючий буртик 9, що дозволяє здійснювати центрування з'єднаних муфтою валів 5, 7. Муфта містить також фрикційну шайбу 10, розташовану на центруючому буртику 9.

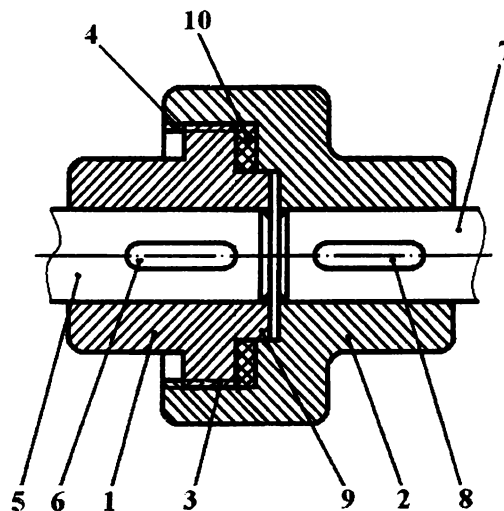


Рис. 3. Схема фланцевої різьбової муфти з фрикційною шайбою

З'єднання валів муфтою виконується та працює таким чином. На кінець вала 5 за допомогою шпонки 6 закріплюють напівмуфту 1 з розташованою на її центруючому буртику 9 фрикційною шайбою 10. На кінець вала 7 за допомогою шпонки 8 закріплюють напівмуфту 2. Вали з напівмуфтами приближують один до одного і шляхом обертання одного із них здійснюють нагвинчування напівмуфти 2 з внутрішньою різьбою 4 на напівмуфту 1 з зовнішньою різьбою 3 (або вгвинчують напівмуфту 1 в

напівмуфту 2). Напівмуфти обертають одна відносно другої до тих пір поки фрикційна шайба 10 не буде щільно затиснута між напівмуфтами. Наявність центруючого буртика 9 дозволяє досягти бажаної точності центрування з'єднаних муфтою валів 5, 7. Сили тертя, що виникають в зоні притиску пар напівмуфта 1 – фрикційна шайба 10 і фрикційна шайба 10 – напівмуфта 2, зумовлюють появу відповідного моменту сил тертя, що дозволяє розвантажити різьбове з'єднання півмуфт 1, 2 при передачі крутного моменту від одного вала до іншого (крутний момент передається не лише різьбовим з'єднанням напівмуфт, а й моментом сил тертя пар напівмуфти – фрикційна шайба) і тим самим, підвищити надійність та довговічність роботи муфти.

Висновки

Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити наступні висновки:

- запропонована муфта відноситься до фланцевої різьбової муфти і може бути використана для з'єднання окремих валів вузлів та механізмів машин між собою;
- фланцева різьбова муфта дозволяє значно зменшити інерційність механічної системи, де вона використовується і, таким чином, зменшити динамічні навантаження, що зумовлює підвищення надійності та довговічності роботи з'єднання;
- використання в муфті фрикційної шайби, розташованої на центруючому буртику однієї із напівмуфт, дозволяє розвантажити різьбове з'єднання напівмуфт завдяки наявності моменту сил тертя, що виникають в зоні притиску напівмуфт до фрикційної шайби і, тим самим, підвищити надійність та довговічність роботи муфти;
- запропонована муфта працюватиме лише при умові нереверсивного обертання, що має місце в переважній більшості механізмів і машин;
- методика вибору параметрів фланцевої різьбової муфти може бути використана при розробці нових перспективних видів різьбових муфт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поляков В.С., Барабаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1979. – 351 с.
2. Хомяк О.М., Піпа Б.Ф., Ловейкіна С.О. Вали, підшипники, Муфти. – К.: КНУТД, 2005. – 100 с.
3. Гузенков П.Г. Детали машин.- М.: Высшая школа, 1982, 351 с.
4. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Динаміка круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2005. – 294 с.
5. Піпа Б.Ф., Хомяк О.М., Павленко Г.І. Наукові основи проектування та удосконалення систем гальмування круглов'язальних машин. – К.: КНУТД, 2003. – 208 с.
6. Райко М.В. Расчет деталей и узлов машин. К.: Техніка, 1966. – 500 с.
7. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704 с.

Надійшла 09.07.2010