

УДК 621.825(075.8)

¹Малащенко В.О., д.т.н.; ²Семенюк В.Ф., д.т.н.; ¹Коцький Б.П., студент¹ Національний університет „Львівська політехніка”² Одеський національний політехнічний університет

ВПЛИВ ФОРМИ ПАЗІВ ПІВМУФТ НА НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КУЛЬКОВИХ МУФТ СТАРТЕРІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

У статті досліджено вплив різних форм поперечних перерізів пазів напівмуфт на величину напружень і деформацій елементів доторкання нових кулькових обгінних муфт стартерів транспортних засобів. Проведено кількісний аналіз напружено-деформованого стану у зоні контакту кульок з поверхнями пазів напівмуфт. Показано, що виготовлення криволінійних пазів призводить до суттєвого зниження напруження і до 40% металоємності муфти.

Ключеві слова: кулькова обгінна муфта, механізми зачеплення, стартер автомобілів.

In the article the impact of various forms of cross-sections of grooves half-coupling on the value of stresses and strains elements touching new ball joints obhinnyh starters vehicles. Quantitative analysis of stress-strain state in the area of contact with surfaces balls half-coupling grooves. It is shown that the production of curved grooves results in a significant reduction in stress and 40% of metal coupling.

Keywords: ball obhinna clutch, gearing mechanisms, starter cars

Постановка проблеми. Муфти стартерів двигунів внутрішнього згорання передають обертальний момент тільки від ротора стартера до моховика колінчатого вала та автоматично роз'єднують кінематичний ланцюг при зміні напрямку руху. Відомо, що цей процес здійснюється обгінною муфтою за рахунок сил тертя між заклиненним роликом та робочими поверхнями півмуфт. Тому традиційні муфти схильні до проковзування, що обмежує їх навантажувальну здатність та довговічність механічного приводу машин [1,2,16]. Ця обставина ставить задачі з покращення експлуатаційних характеристик приводів таких транспортних машин, що обладнані стартерами. У цьому і полягає необхідність подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пошук можливостей розв'язування задачі з покращення основних чинників обгінних муфт сприяв розробленню нового принципу передавання енергії від стартера до колінчастого вала та автоматичного роз'єднання кінематичного ланцюга при вмиканні основного двигуна.

Цей принцип здійснюється не за рахунок сил тертя між заклиненними роликками і півмуфтами, а зачепленням кульок з робочими поверхнями пазів півмуфт. На даний час відомі муфти цього типу радіальної і осьової дії [7-14,16]. Більша їх частина розроблена на рівні патентів і вимагає проведення відповідних досліджень для доведення роботоздатності кулькових обгінних муфт. Відомі окремі наукові праці з результатами теоретичних і експериментальних досліджень. Наприклад, у [2-6] наведено принципові схеми нових кулькових муфт вільного ходу, обґрунтовано основні геометричні параметри, розроблено методику вибору їхніх оптимальних параметрів тощо.

Метою даної роботи є дослідження впливу форми поперечного перерізу пазів півмуфт показник міцності муфти проведенням порівняльного аналізу величини максимальних напружень контактуючих поверхонь для двох характерних їх форм.

Виклад основного матеріалу

В основу аналізу покладені загально відомі положення про контактні напруження [15]. У разі прямокутного перерізу пазів доторкання кульок і поверхонь пазів півмуфт наближається до точкового контакту кулі з циліндром, радіус кривини якого прямує до безмежності. Другий випадок, коли застосовуються криволінійні пази, зводиться до лінійного контакту між умовним жолобом і кулькою, причому їхні радіуси кривини наближені один до одного. Приймається припущення, що у цих випадках площа контакту цих елементів наближається до еліпсоподібної з такими коефіцієнтами:

$$\text{- прямокутний переріз (перший випадок)} \quad A_1 = B_2 = \frac{1}{2r}; \quad (1)$$

$$\text{- криволінійний переріз (другий випадок)} \quad A_2 = \frac{1}{2r_1} - \frac{1}{2r_2};$$

$$B_2 = \frac{1}{2r_1}, \quad (2)$$

де r_1, r_2 - радіуси кривини тіл доторкання, а величини більшої a_i і меншої b_i осей еліпсів контактної поверхні будуть такі:

$$\text{- перший випадок} \quad a_1 = 1,397 K_{a_1} \sqrt[3]{\frac{Fr_1}{2E}}; \quad b_1 = 1,397 K_{b_1} \sqrt[3]{\frac{Fr_1}{2E}}, \quad (3)$$

$$\text{- другий випадок} \quad a_2 = 1,397 K_{a_2} \sqrt[3]{\frac{Fr_1 r_2}{E(2r_2 - r_1)}};$$

$$b_2 = 1,397 K_{b_2} \sqrt[3]{\frac{Fr_1 r_2}{E(2r_2 - r_1)}}, \quad (4)$$

де K_{a_i}, K_{b_i} - коефіцієнти, що залежить від співвідношення A_i і B_i ;

F - нормальна сила стискання тіл доторкання; E - модуль пружності матеріалу цих тіл.

Формули (3) і (4) дійсні тільки для сталевих тіл доторкання з коефіцієнтом Пуассона $\mu_1 = \mu_2 = 0,3$.

Максимальні контактні напруження:

$$\sigma_{H \max_1} = 0,245 K_{P_1} \sqrt[3]{\frac{4FE^2}{r_1^2}}; \quad (5)$$

$$\sigma_{H \max_2} = 0,245 K_{P_2} \sqrt[3]{\frac{FE^2(2r_2 - r_1)^2}{(r_2 r_1)^2}}. \quad (6)$$

Максимальні деформації у зоні доторкання кульок і пазів:

$$\Delta_1 = 0,977 K_{\Delta_1} \sqrt[3]{\frac{2F^2}{E^2 r_1}}; \quad \Delta_2 = 0,977 K_{\Delta_2} \sqrt[3]{\frac{F^2(2r_2 - r_1)}{E^2 r_1 r_2}}. \quad (7)$$

Як показали експериментальні дослідження, які проведені у лабораторних умовах кафедри ЕРАТ з двигуном, що оснащений стартером з новою кульковою муфтою, форма поперечного перерізу пазів у значній мірі впливає на характер поверхні доторкання двох тіл, тобто кульок з поверхнями пазів напівмуфт. Теоретично розглянуто випадок, коли пази можуть бути виготовлені так, щоб їхні діаметри дорівнювали діаметрам кульок. Кількісний аналіз показав, що це кращий варіант з огляду на міцнісні характеристики робочих поверхонь елементів дотику. Але це утруднює рух кульок вздовж пазів, особливо у випадках виготовлення їхньої ширини з від'ємним допуском. Тому остаточно прийнято випадок з наближенням діаметру кульок і ширини пазів, але останні мають виготовлятися тільки з позитивним допуском.

Залишається два можливі варіанти виготовлення пазів напівмуфт. Перший випадок це такий, коли пази можуть мати поперечний прямокутний переріз, другий – коли вони мають форму дуги кола з радіусом дещо більшим за радіус кульок.

Встановлено, що при виготовленні прямокутних пазів контакт між робочими поверхнями елементів наближається до точкового та має місце інтенсивна деформація у робочій зоні (рис.1,б). Ця пластична деформація отримана створенням перевантажень дослідної муфти без мастила на спеціальному лабораторному стенді. Дослідний зразок нової кулькової обгінної муфти стартера наведено на рис.1,а, що має: ведучу півмуфту 1 з фланцем 2 і пазами 3; кульки 7; ведену півмуфту 4 з пазами 6 і шестірнею 12; пружину 5 з кільцем 8; стакан 10 з фланцем 9; стопорне кільце 11.

Кількісний аналіз проведено для розробленої кулькової обгінної муфти стартера, що має такі параметри: $D=36$ мм – діаметр кола розташування центрів кульок; $d = 8$ мм – їхній діаметр; $z = 6$ – кількість кульок; матеріали півмуфт сталь 45 з коефіцієнтом Пуассона

$\mu = 0,3$ та модулем пружності $E=2 \times 10^5$ МПа; $T= 20$ Н.м - максимальний обертальний момент.

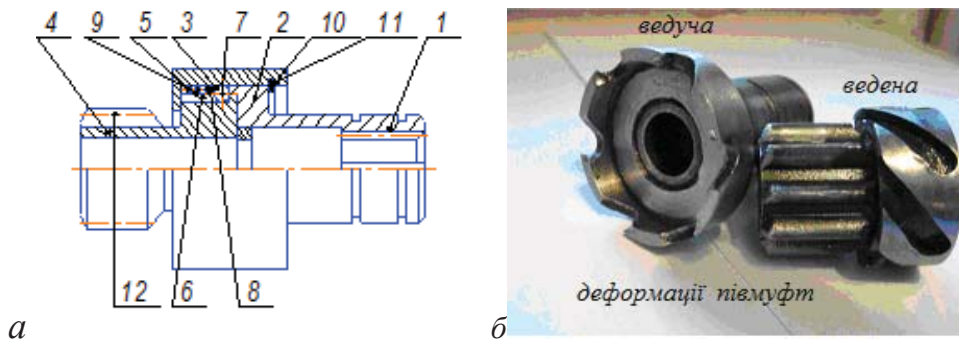


Рис.1. Загальний вигляд (а) та ведуча і ведена півмуфти (б) кулькової обгінної муфти стартера автомобіля

Розраховано максимально можливе навантаження на одну кульку, що дорівнює 138,8 Н. При цьому припускалось, що всі кульки одночасно вкочуються в пази веденої півмуфти та входять у зачеплення без удару. Таке припущення базується на тому, що від початку руху до повного їхнього контакту з боковими поверхнями периферійних кінців пазів кульки переміщуються на віддалі, яка дорівнює їх діаметрам. Для даного випадку це переміщення дорівнює 8 мм. Отримані значення контактних напружень і величини деформацій у робочій зоні для розрахункових навантажень тіл доторкання подано на рис. 2 і 3.

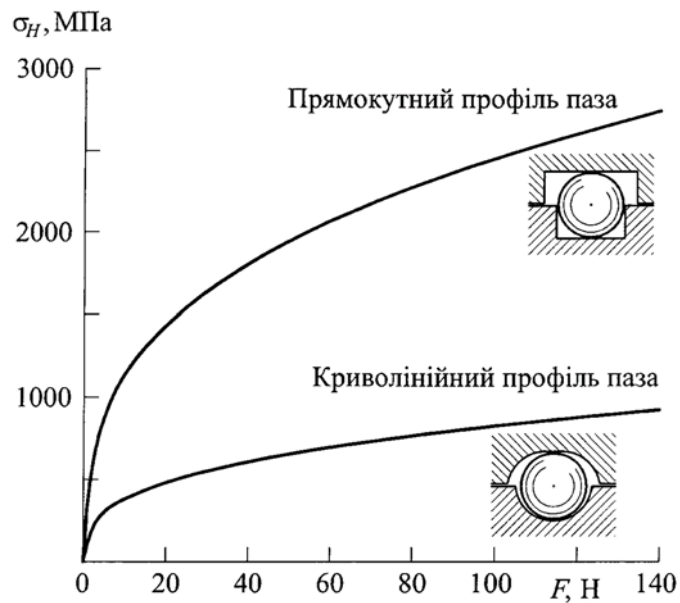


Рисунок 2 - Значення максимальних контактних напружень

Для повніших досліджень проведено кількісний аналіз впливу форми поперечного перерізу пазів напівмуфт на міцність елементів кулькових обгінних муфт, які можуть застосовуватись у широкому діапазоні зміни навантажень їхніх елементів – від 20 до 140 Н. Це пояснюється тим, що обгінні муфти застосовуються у різноманітних транспортних засобах та інших галузях машинобудування і приладобудування.

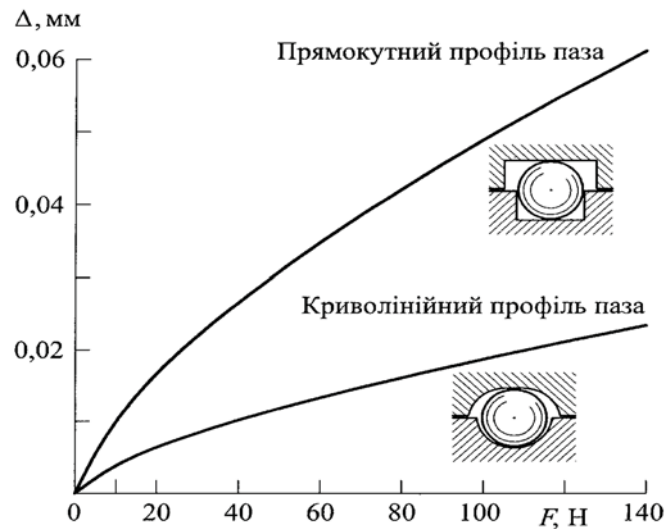


Рисунок 3 - Залежність величини деформацій від форми поперечних перерізів пазів напівмуфт

Із отриманих графіків (рис.2) видно, що форма поперечного перерізу пазів напівмуфт суттєво впливає на величину максимальних контактних напружень у зоні дотику елементів кулькових обгінних муфт. Наприклад, для максимально можливих навантажень (140 Н) у випадку прямолінійного перерізу пазів отримано контактні напруження понад 2700 МПа, а для жолобоподібного перерізу – близько 1400 МПа.

Із рис.3 видно, що залежність зміни деформацій тіл дотику є подібною до зміни контактних напружень, тобто є можливість їх зменшення у разі вибору раціонального профілю поперечного перерізу пазів півмуфт.

За отриманими результатами розроблено та впроваджено промисловий зразок кулькової обгінної муфти (рис.4).

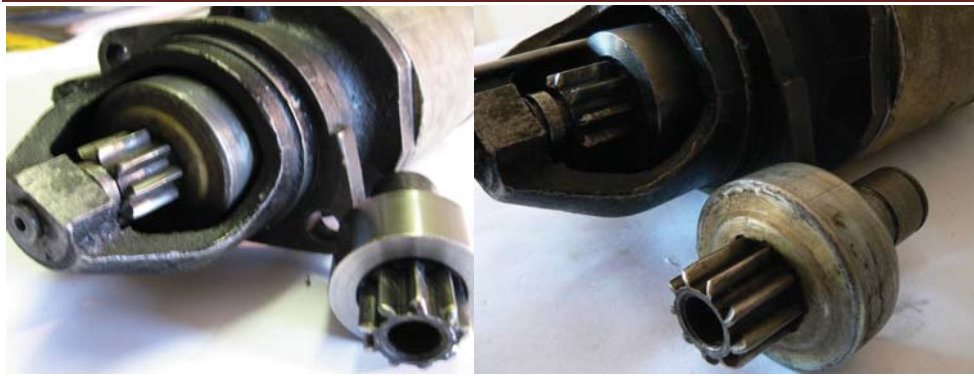


Рисунок 4 - Стартер із традиційною (а) і розробленою (б) муфтами

Висновки:

1. Застосування пазів півмуфт криволінійними приводить до істотного зменшення максимальних контактних напружень та пластичних деформацій тіл дотику у робочій їх зоні та сприяє збільшенню термін роботи запропонованої кулькової обгінної муфти стартерів транспортних засобів, що оснащені обгінними муфтами.

2. Для передавання однакового обертального моменту можна застосувати розроблену кулькову обгінну муфту, габарити якої на 30 – 40% менші ніж традиційної роликівної обгінної муфти, що уможливорює зменшення металоємності подібних пристроїв стартерів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заблонский К.И. Детали машин / К.И. Заблонський /. – К.: Вища школа, Главное изд. 1999.– 518с.
2. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. – Львів. Видав. НУ”Львівська політехніка”. 2009.- 216 с.
3. 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).
4. Malaschtchenko V. Vol'nobezna qulbekova spojka / V. Malaschtchenko, J. Homuschin, O. Sorokivskiy//.Strojarstvo Srojirenstvi, № 12, 2001. – С.56-58 (Slovinsko).
5. Малащенко В.О. Вибір параметрів кулькових муфт вільного ходу та рекомендації щодо їх конструювання / В.О. Малащенко, О.І. Сороківський, Г.П. Куновський, І.Є. Кравець//. 5-й міжнародний симпозиум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: Львівська політехніка, 2001.

6. Малащенко В.В. Оптимізація конструктивних параметрів кулькових муфт вільного ходу привода млинів/ В.О. Малащенко, О.І. Сороківський, І.Є. Кравець//.

6-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові: Тези доповідей. – Львів: Львівська політехніка, 2003.

7. Патент України на корисну модель №100526. Заявка № u 2015 01758. Запобіжна муфта. МПК F 16 В 43/00. В.О. Малащенко, В.В. Федик, 2015. 7 с.

8. Патент України на корисну модель № 30638. Обгінна муфта. Малащенко В.В. Бюл. № 4, 2008. -4с.

9. Патент України № 28884 А. Кулькова муфта вільного ходу. Малащенко В.О., Сороківський О.І. Бюл. № 5-11, 1999.- 2с.

10. Патент України № 56483А. Обгінна муфта. Малащенко В.О., Куновський Г.П., Кравець І.Є., Сороківський О.І. Бюл. № 5. 2003, -4с.

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

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

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

14. Пат. 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.

15. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. – Киев. Наукова думка. 1975. – 704с..

16. Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. - Л: Машиностроение, 1979. - 344с.

17. V.I. Ginko, V.A. Malashchenko, V.V. Nikolaychuk. The features design and determination of force of torque limiter with ball coupling. – М: Международный инженерный журнал «Приводы и компоненты машин», №4, 2013. – С. 5-10.