

М.В. Глобчак, В.В. Малащенко
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра експлуатації та ремонту автомобільної техніки

СИЛОВИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИМИКАННЯ КУЛЬКОВОЇ ОБГІННОЇ МУФТИ СТАРТЕРІВ

© Глобчак М.В., Малащенко В.В., 2012

Описано конструктивні особливості, принцип дії та проведено силовий аналіз нової кулькової обгінної муфти стартерів, яка розроблена і запатентована. Наведено конструкцію цієї муфти, розрахункову схему для початку виходу кульки із зачеплення з пазом веденої півмуфти та отримані аналітичні залежності силової взаємодії.

Structural features are described, principle of action and it is conducted power analiz of new ball-shaped obginnoy muff of starters, which is developed and patented an author. The construction of this muff is resulted in the floor, calculation chart for the beginning of exit of marble from hooking with a slot slave half-muff and analytical dependences of power co-operation are got.

Постановка проблеми. Відомі запобіжні муфти, які функціонують без руйнування з'єднувальних елементів, здебільшого передають енергію за рахунок тертя [1–7], тобто роз'єднують кінці валів за збільшення обертального моменту до небажаних значень шляхом проковзування ведучої частини муфти стосовно відомої. Окрім них, ширше застосування отримали муфти, основна функція яких полягає у передаванні енергії двигуна до робочого органа тільки в одному напрямі, та автоматичне роз'єднання кінців валів у разі зміни напрямку руху на протилежний. Вони, як відомо, називаються муфтами вільного ходу або обгінними муфтами [1–7]. Як перші, так і другі здебільшого передають енергію за рахунок тертя, за винятком храпових механізмів. Така обставина вимагає постійного стеження за величиною сили затягування пружини та вчасного її регулювання. Більше того, підвищення робочого навантаження у запобіжних муфт вимагає застосування жорсткіших пружин, що призводить до збільшення габаритів пристроїв, а це не дуже бажано у разі застосування таких муфт у кінематичних ланцюгах переносних інструментів, наприклад, для гайковертів, що застосовуються під час складально-демонтажних або ремонтних операцій нарізевих з'єднань. А у обгінних муфтах стартерів автомобілів жорсткість пружини вигідно мати знижену, для того, щоб забезпечити точніші відключення муфт. Такі протилежні проблеми підштовхнули авторів та інших учених інженерної механіки та транспорту до розробки кулькових запобіжних муфт [8–9] за принципом обгінних, а саме: кулькових обгінних муфт [10–12]. При цьому ті та інші передають обертальний момент від ведучої до веденої півмуфт не за рахунок тертя, а за рахунок зачеплення кульок, розташованих в однакових пазах цих півмуфт. Розроблені у різний час такі муфти визнано новими та запатентовано. Окремі із них впроваджено у виробництво та навчальний процес. Проведений попередній аналіз кінематики показав, що і решта муфт можна ефективно застосовувати як пристрої для обмежування величини обертального моменту у гайковертах чи передавання цього моменту тільки від електродвигуна стартера до зубчастого вінця маховика колінчастого вала основного двигуна, а не навпаки.

Зрозуміло, що процес впровадження будь-якого механічного засобу вимагає проведення комплексного дослідження кінематико-силових параметрів і виконання розрахунків на міцність усіх елементів, які беруть участь у передаванні обертального моменту.

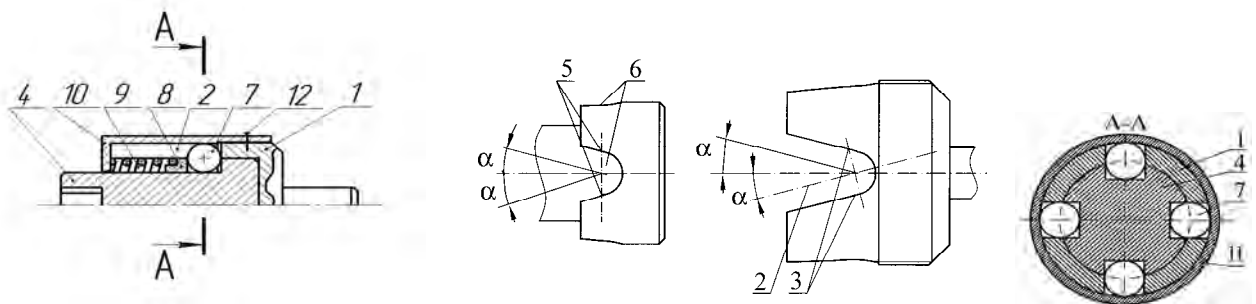
Мета роботи – провести аналіз силової взаємодії кульок з боковими поверхнями пазів півмуфт під час вимикання муфти, тобто виконання нею автоматичної операції роз'єднання кінців валів з урахуванням тертя між контактуючими елементами для того, щоб точніше вибрати параметри пружини та налаштувати час вимикання муфти після вимикання джерела енергії.

Виклад основного матеріалу. У роботі узагальнюються переваги, передумова та можливість застосування кулькової запобіжної муфти (рис. 1, *патент № 77435*), яка функціонує за принципом обгінної муфти. Вона може застосовуватися на практиці для механізації технологічних процесів, наприклад, затягування гайок нарізевих з'єднань з зусиллям потрібного значення під час виконання складально-демонтажних операцій різноманітних технічних засобів. Розроблена муфта має такі основні переваги: технологія виготовлення та її експлуатація істотно простіші; не вимагає ретельного оброблення робочих поверхонь бокових поверхонь пазів півмуфт; передає обертальний момент за рахунок зачеплення; менші габарити та сила затягування пружини; придатна для затягування та розгвинчування нарізевих з'єднань з правою і лівою нарізкою тощо.

До її недоліків можна зарахувати підвищену вимогу до збіжності початкового розміщення пазів півмуфт, а також їх нахил необхідно погоджувати з напрямком обертання виконавчого інструмента, тобто з напрямком гвинтової нарізки.

Для механізації процесу затягування нарізевих з'єднань з правою та лівою нарізкою за допомогою гайковертів придатна конструкція запобіжної муфти, що складається із: ведучої півмуфти 1, яка має фланець 2 з похилими пазами 3; веденої півмуфти 4, на циліндричній поверхні 5 якої виготовлені пази 6; кульок 7, що розміщені по одній у цих пазах; натискного кільця 8, що спирається на пружину 9; корпусу 11 з фланцем 10 і стопорним гвинтом 12.

Ведена півмуфта з лівого торця (рис. 1) має отвір для закріплення у ньому робочого інструмента. Поперечний перетин отвору погоджується з формою хвостовика інструмента. Ведуча півмуфта має справа (рис. 1, *a*) ділянку для з'єднання пристрою з джерелом руху, наприклад, закріплення його у патроні електродриля у разі застосування запобіжної муфти як гайковерта.



*Рис. 1. Принципова конструкція кулькової запобіжної муфти:
a – загальний вигляд; б – форма пазів відповідно веденої і ведучої півмуфт; в – перетин А-А*

Принцип роботи запобіжної муфти подібний до обгінної і є очевидним із її конструктивного виконання. Однак в її роботі є деякі особливості. Тому розглянемо процес функціонування муфти, починаючи із робочого її стану (рис. 1, *a*), тобто коли вона обертається як одне ціле і обертальний момент прикладається до технологічного об'єкта з виконанням заданої операції, тобто у разі гайковерта здійснюється затягування гайки до потрібного наперед заданого зусилля.

Під час зростання моменту опору з боку гайки осьова складова загальної сили переборює пружне зусилля пружини і виштовхує кульку з паза веденої півмуфти, роз'єднуючи при цьому кінці валів. Муфта набуває неробочого ходу. Цей процес супроводжується деяким стукотом, що полегшує завершення технологічного процесу. Повніше принцип роботи цього пристрою викладено у [7].

Тут згадаємо, що повний цикл функціонування кулькової запобіжної муфти можна поділити на чотири характерні частини:

- вкочування кульок у пази веденої півмуфти, її вмикання;
- робочий стан муфти, виконання основної технологічної операції;
- вихід кульок із пазів веденої півмуфти, її вимикання;
- проковзування кульок по торцю веденої півмуфти (неробочий хід).

Звичайно, що силова взаємодія між деталями муфти на різних режимах її роботи змінюється, закономірності якої необхідно точніше знати під час проектування запобіжних пристроїв, у яких

вимагається регулювати робочий обертальний момент з підвищеною точністю. Зрозуміло, що однією із заповрок точності ідентифікації шуканих аналітичних співвідношень є адекватність динамічної схеми, на яку спирається ця ідентифікація. Так, під час визначення значення обертального моменту треба враховувати прояв тертя у точках контактування кульки з робочими поверхнями пазів півмуфт. Тоді істотними чинниками додатково можуть слугувати ще й форма поперечного перетину та орієнтація у просторі пазів руху кульок, що можуть виготовлятися фрезами різних типів.

Тут розглядається тільки найважливіший процес вчасного завершення затягування гайки, коли муфта перевантажена і починає вимикатися. Силкові взаємодії у цьому разі показано на рис. 2. Для наочного порівняння подаються два випадки, тобто на рис. 2, а зображено усі сили, що діють на кульку, у разі, коли тертям між контактуючими елементами можна знехтувати. Це під час виконання попередніх розрахунків. А на рис. 2, б – подібний процес, але з урахуванням тертя.

Слід також зауважити, що упродовж усього розглянутого процесу вимикання муфти кульки ще перебувають у межах пазів веденої півмуфти. Але характернішим є стан початку виходу кульок із цих пазів, коли кульки починають тиснути на притискне кільце, пересовуючи його та стискаючи пружину. Тоді у системі з'являється зусилля пружності пружини $F_{пр}$, а F' і F'' — сумарні сили, що діють на кульку з боку півмуфт (рис. 2, б).

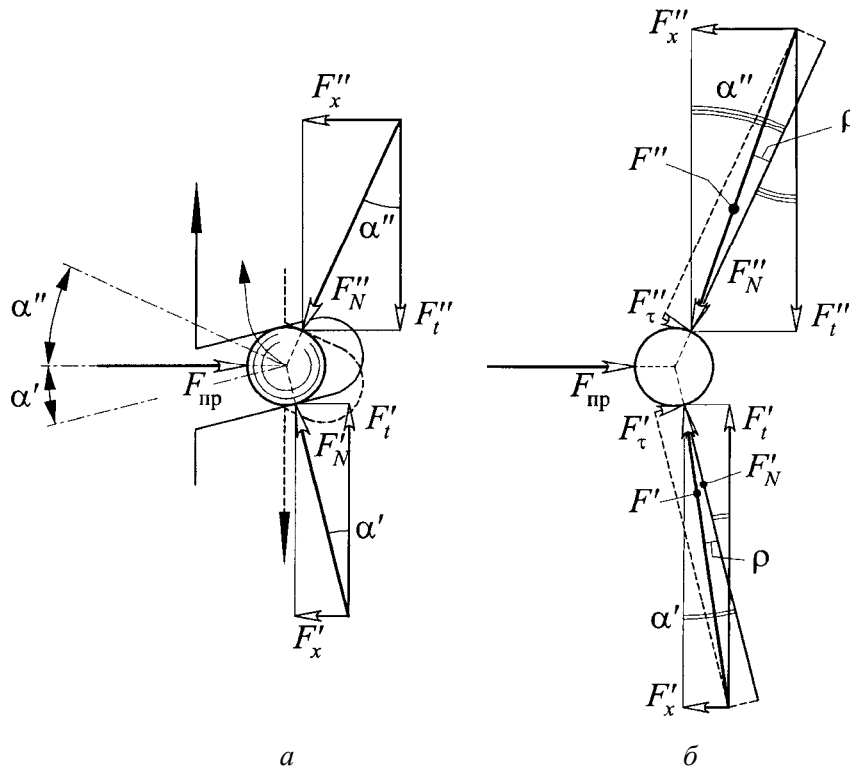


Рис. 2. Силова взаємодія між кулькою і боковими поверхнями пазів півмуфт під час вимикання муфти: а – тертя не враховується; б – з урахуванням тертя

Із розрахункової схеми (рис. 2, б) випливають очевидні співвідношення:

$$F''^2 = F_N'^2 + F_\tau'^2 = F_x''^2 + F_t''^2; \quad F'^2 = F_N''^2 + F_\tau''^2 = F_x'^2 + F_t'^2;$$

$$F_t' = F_t'' = F_t; \quad F_x' + F_x'' = F_{пр}; \quad \frac{F_\tau'}{F_N'} = \frac{F_\tau''}{F_N''} = \mu = \operatorname{tg} \rho;$$

$$\frac{F_x'}{F'} = \sin(\alpha' - \rho); \quad \frac{F_x''}{F''} = \sin(\alpha'' - \rho);$$

$$\frac{F_x'}{F_t'} = \operatorname{tg}(\alpha' - \rho); \quad \frac{F_x''}{F_t''} = \operatorname{tg}(\alpha'' - \rho). \quad (1)$$

Після розв'язування системи рівнянь (1), отримаємо важливу для цього випадку залежність між рушійною (коловою) силою, яка безпосередньо залежить від величини обертового моменту, на який розраховують муфту, і силою пружності пружини у такому загальному вигляді:

$$F_t = \frac{F_{i0}}{\operatorname{tg}(\alpha' - \rho) + \operatorname{tg}(\alpha'' - \rho)}. \quad (2)$$

Якщо припустити, що $\alpha' = \alpha'' = \alpha$, то вираз (2) вигідно спрощується і, зокрема, набуває відомого вигляду:

$$F_{i0} = \frac{F_t}{2\operatorname{tg}(\alpha - \rho)}, \quad (3)$$

що підтверджує достовірність отриманих результатів досліджень.

Висновки. Отримані аналітичні вирази (2) і (3) мають практичне значення, яке полягає у можливості зручного вибору геометричних параметрів та необхідну характеристику жорсткості пружини, знаючи тільки конкретні навантажувальні чинники пристрою, тобто бажане значення зусилля попереднього затягування гайок нарізних з'єднань.

Результати проведеного силового аналізу можуть бути важливим підґрунтям для подальших досліджень та розрахунків на міцність елементів не тільки запобіжних, але й обгінних муфт, що застосовуються у різних галузях машинобудування.

1. Гащук П.М., Малащенко В.В. Аналіз залежності обертового моменту від конструктивних параметрів запобіжних муфт. – К., 2010. 2. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків.– Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. – 214 с. 3. Мальцев В.Ф. Роликовые механизмы свободного хода. – М.: Машиностроение, 1968. – 415 с. 4. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. – К.: Вища шк., 1993. – 556 с.; Львів: Афіша, 2003. – 558 с. 5. Пилипенко М. Н. Механизмы свободного хода.– М.: Машиностроение, 1966.– 288 с. 6. Поляков В.С., Барабаш И. Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам.– Л.: Машиностроение, 1979.– 344 с. 7. Малащенко В.В. Підвищення ефективності роботи механізмів вільного ходу застосуванням кулькових муфт: дис. ... канд. наук. – Львів, 2009. – 146 с. 8. Патент № 66514А Україна, МКІ F16D41/04. Запобіжна муфта / П.М. Гащук, В.В. Малащенко, О.І. Сороківський // Опубл. 2004. Бюл. № 5. 9. Патент № 77435 Україна, МКІ F16D41/04. Запобіжна муфта / П.М. Гащук, В.В. Малащенко, О.І. Сороківський // Опубл. 2006. Бюл. № 12. 10. Патент № 30362 Україна, МКІ F16D 41/06. Обгінна муфта / В.В. Малащенко// Опубл. 2008. Бюл. № 4. 11. Патент № 53354А Україна, МКІ F16D 41/06. Обгінна муфта / В.О. Малащенко, Г.П. Куновський, І.Є. Кравець, О.І. Сороківський // Опубл. 15.01.2003. Бюл. № 1. 12. Патент № 43260 Україна, МКІ F16 D41/06. Обгінна муфта / В.О. Малащенко, П.М. Гащук, В.В. Малащенко, О.І. Сороківський // Опубл. 2009. Бюл. № 15.