

СИЛОВА ВЗАЄМОДІЯ У КУЛЬКОВІЙ ОБГІННІЙ МУФТІ З УРАХУВАННЯМ ТЕРТЯ

Постановка проблеми. Традиційно у стартерах автомобілів застосовуються роликові муфти вільного ходу, що передають потужність за рахунок тертя. Відомо, що вони схильні до проковзування [1-5], а взимку часто має місце її буксування. Це підштовхнуло до розробки кулькових обгінних муфт, які передають обертальний момент за принципом зачеплення кульок, що розташовані в пазах ведучої та веденої півмуфт [6-10]. При цьому запатентовані запобіжні муфти [6-7,10] можна застосовувати як пристрої для обмежування величини обертального моменту, приміром, у гайковертах, а запатентовані пристрої [8 і 9] вже впроваджено у стартерах автомобілів та можуть бути також застосовані в різноманітних стартерах транспортних засобів замість традиційних роликових обгінних муфт.

Метою даної роботи є проведення аналізу силової взаємодії кульок з боковими поверхнями пазів півмуфт без і з урахуванням тертя між ними під час вкочування, викочування та робочого стану.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом аналізу вибрано одну із запатентованих муфт [7], що наведена на рис. 1. У порівнянні з традиційною роликовою муфтою вона має такі переваги: технологія виготовлення та експлуатація простіші; не вимагає ретельного оброблення робочих поверхонь півмуфт; передає обертальний момент за рахунок зачеплення; менші габарити при однакових навантаженнях. Але до її недоліків можна віднести: підвищена вимога до співвісності робочих кінців пазів півмуфт; нахил пазів півмуфт необхідно погоджувати з напрямом обертання валів.

Конструкція цієї муфти складається із: 1 – ведучої півмуфти, що має фланець 2 з похилими пазами 3; 4 – веденої півмуфти, на циліндричній поверхні 5 якої виготовлені пази 6; 7 – кульок, що розміщені в цих пазах; 8 – натискного кільця, що спирається на пружину 9; 11 – корпуса з фланцем 11 і гвинтом 12. Ведена півмуфта з торця має отвір для закріплення в ньому робочого інструменту. Поперечний перетин цього отвору погоджується з необхідним інструментом. Ведуча півмуфта має праворуч (рис. 1а) ділянку для закріплення, приміром, у патроні електродрилі у разі застосування такої муфти в якості гайковерта.

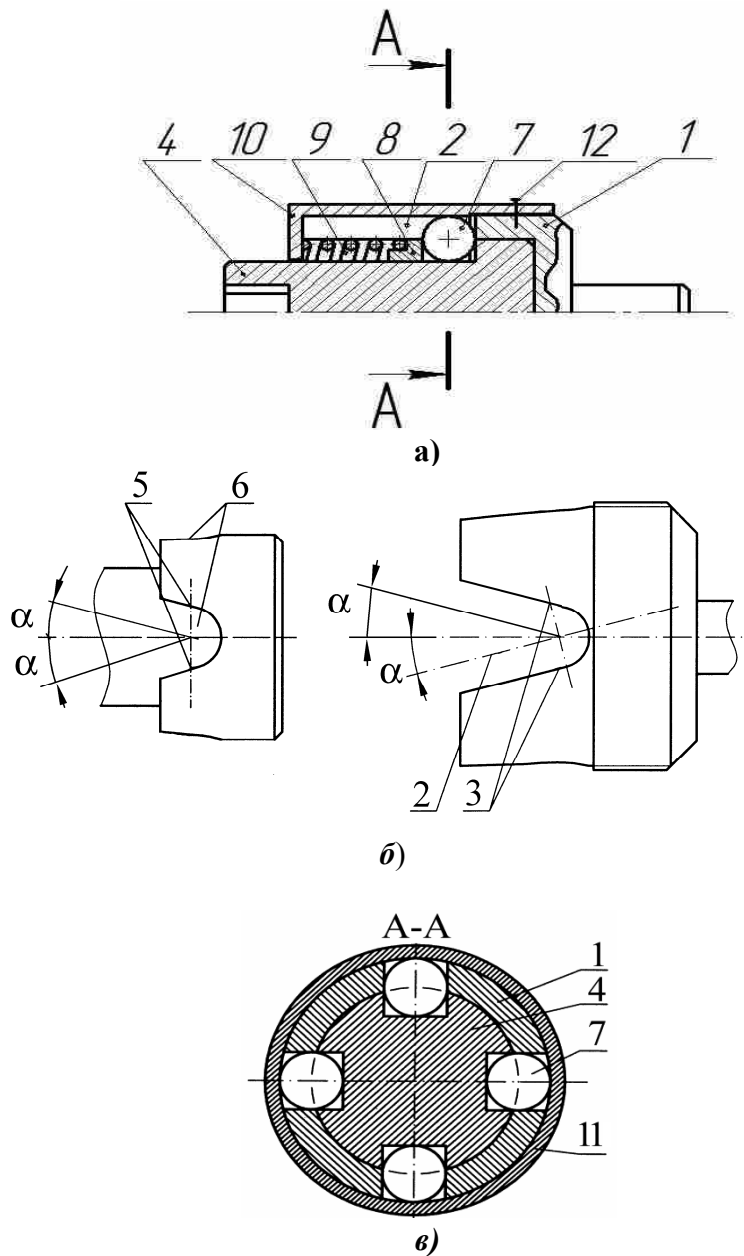


Рисунок 1. Принципова конструкція кулькової муфти: *a* – загальний вигляд; *б* – форма пазів; *в* – перетин А-А

Принцип роботи такої муфти є очевидним із її конструкції. На рис.1 муфта наведена у робочому стані, вона обертається як одне ціле і рушійний момент прикладається до об'єкта – споживача. У разі гайковерта, то відбувається затягування гайки до потрібного зусилля. Після чого момент опору з боку гайки зростає і осьова складова загальної сили виштовхує кульку з паза веденої півмуфти та муфта

набуває холостого ходу. Цей процес супроводжується деяким стукотом. Більш повно принцип роботи викладено в [3]. Тут тільки ще наголосимо на тому, що процес функціонування муфти поділяється на чотири характерних частин: вкочування кульок в пази веденої півмуфти; робочий стан муфти; вихід кульок із пазів веденої півмуфти і проковзування кульок по торцю веденої півмуфти (холостий хід). Звичайно, що силова взаємодія між деталями муфти на різних режимах її роботи повинна визначатись якнайточніше. Це першою чергою є актуальним, коли проектується запобіжних пристроїв, у якому вимагається регулювання номінального обертального моменту з підвищеною точністю. Це відноситься, приміром, до динамометричних гайковертів, які застосовуються для затягування нарізевих з'єднань до заданого зусилля. Зрозуміло, що однією із заporук точності ідентифікації шуканих аналітичних співвідношень є адекватність динамічної схеми, на яку спирається ця ідентифікація. Тут треба наголосити на тому, що під час визначення значення, скажемо, обертального моменту раніше в схемі силової взаємодії не враховувались чинники, які уможливають прояв тертя в точках контактування кульки з робочими поверхнями пазів півмуфт. У разі обліковування тертя, істотними додатково можуть стати ще й форма поперечного перетину та орієнтація в просторі пазів руху кульок, що виготовляються фрезами різних типів.

Отож у знайдених раніше [3] співвідношеннях, які характеризують силову взаємодію між кульками та пазами півмуфт, сили тертя на враховувались, які реально в контактi деталей завжди так чи інакше, в тій чи іншій мірі присутні. Прояв тертя — це опосередкована ознака також і існування деформаційних контактних ефектів. Тому зрозуміло, що впровадження в модель муфти ефекту тертя означатиме якісну зміну математичного тлумачення властивостей муфти вільного ходу. Але й отримані раніше результати мають свою вагу, бо загалом тертя не настільки велике, аби цілком знівельювати їхню цінність. Понад те, нова уточнена модель вимушена спиратись на спрощену попередню. Тут робиться спроба встановити місця та напрямки дії сил тертя для ймовірніших станів муфти без врахування інерції кульок.

Розгляньмо спочатку прояв неінерційних силових чинників під час вмикання ідеальної кулькової обгінної муфти, у якій відсутнє тертя (рис. 2). Але у цьому випадку кути орієнтації пазів можуть бути різними, тобто у ведучої півмуфти — α' , а у веденої — α'' . Якщо кулька вже є у пази веденої півмуфти (рис. 2a), то нормальні сили F'_N і F''_N будуть спрямовані радіально до центра кульки та ортогонально до

робочих поверхонь пазів. Вони спільно із пружною силою пружини $F_{\text{пр}}$ сприятимуть переміщенню кульки вглиб паза веденої півмуфти. Ймовірним є випадок, що кулька в якусь мить контактує з крайкою веденої півмуфти (рис. 2б), то сила F'_N вже не буде ортогональною до робочої поверхні паза веденої муфти, її орієнтацію визначатиме кут β відносно площини обертання (рис. 2в). Проте, ця сила F'_N буде спрямована до центра кульки тому, що крайка має хоч-яку малу, але все-таки ненульову кривину.

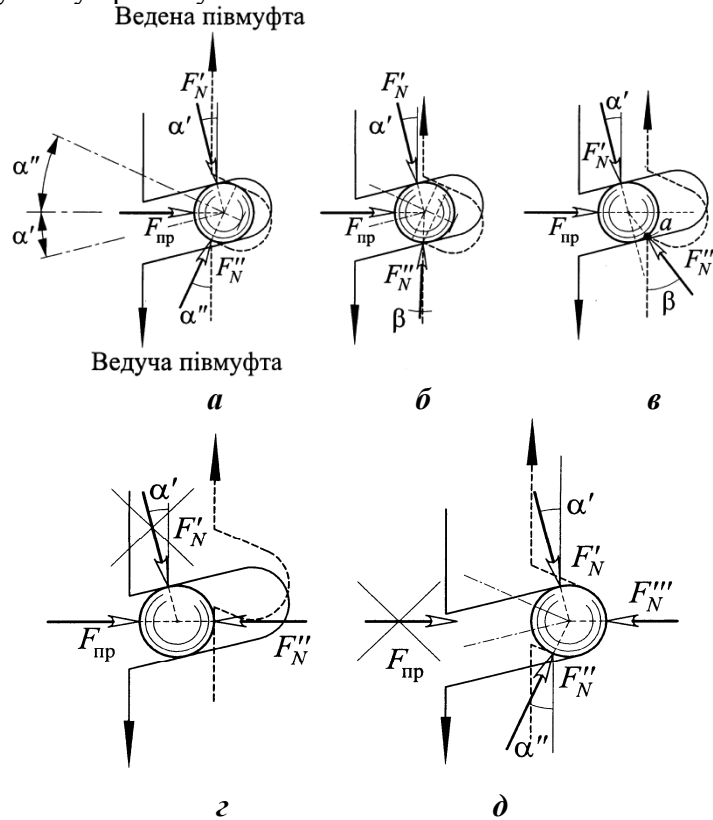


Рисунок 2— Характерні стани кульки у разі вмикання (зацеплення) муфти

Можливий також випадок, коли сила F'_N навіть створюватиме деякий момент відносно крайки (точка а) веденої півмуфти, спрямований проти моменту сили $F_{\text{пр}}$ тиску пружини (рис. 2в). В такому разі цей момент разом із силою F''_N протидіятиме намаганням сил $F_{\text{пр}}$ і F'_N переміщувати кульку до кінця паза веденої півмуфти, тобто він створює додатковий опір перекочуванню кульок. Для проведення більш точних розрахунків здалося б урахування сили

інерції кульок. Це, звичайно, має сенс робити для великогабаритних муфт. Тут розглядається муфта, що має кульки з діаметрами до 8 мм, тому силами інерції можна знехтувати. 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. 2з). Тепер опишемо випадок, коли кулька перебуває вже в робочому положенні (рис.1), тобто вона дісталась кінця паза веденої півмуфти. У такому разі натискне кільце без тиску на кульку тільки закриває вхід паза веденої півмуфти, пружина послабляється та сила F_{np} не тисне на кульки, а тільки утримує натискне кільце в сталому положенні (рис. 2д), 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.

У разі необхідності точнішого визначення силової взаємодії між тими ж деталями муфти, тобто з урахуванням тертя, яке дещо змінює прояв зазначених силових чинників — провокує відхилення ліній дії сил на деякий кут ρ (рис. 3). Приміром, сили тертя F'_τ і F''_τ , поєднуючись із силами F'_N і F''_N , створюють відхилені на кут ρ сил F' і F'' (рис. 3а). Величина ρ - кут тертя, зважаючи на співвідношення $F_\tau / F_N = \mu = \tan \rho$, де F_N і F_τ сила взаємного притискання одна до одної робочих поверхонь деталей муфти і відповідна їй сила тертя між ними, μ — коефіцієнт тертя ковзання.

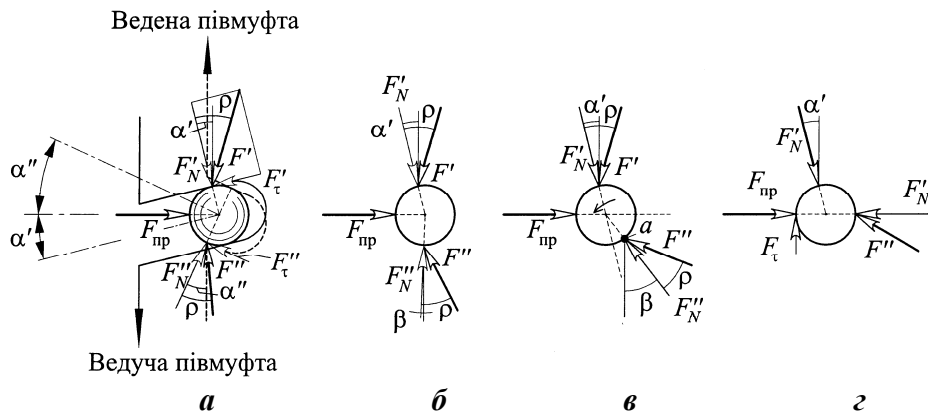


Рисунок 3— Характерні стани кульки у разі вмикання (зацеплення) муфти за впливу тертя

Подібні кутові відхилення силових векторів можна спостерігати й у разі перебування кульки в інших станах. Таке твердження впливає з порівняння рис. 3б, в, г та рис. 2б, в, г. Відповідно до рис. 3б, в сила тертя сприяє тому, аби залучити кульку ще й в обертальний рух навколо точки a . Якщо кулька набуває обертального руху в стані, зображеному на рис. 3г, то потрібно враховувати силу тертя F_{τ} , що може виникнути в контакті кульки з натискним кільцем.

Що ж стосується стану кульки, зображеного на рис. 2д, то тут може йтися хіба що про статичне тертя внаслідок різкого завершення руху чи/та залишкових деформацій робочих поверхонь пазів півмуфт під час перевантажень або при не належному мащенні робочих поверхонь контактуючих тіл. Таке саме положення займатиме кулька у мить старту, тобто коли виникнуть обставини, що змушують муфту вимкнутися, чи у мить завершення процесу вмикання муфти. У такому разі має зникнути сила F_N''' та з'явиться сила пружності пружини $F_{\text{пр}}$. Відтак, силова взаємодія, що зображена на рис. 2д, є окремим (граничним) випадком стану муфти. Коли кульки перебувають цілком у пазу веденої півмуфти.

Із проведеного аналізу силової взаємодії впливають такі **ВИСНОВКИ:**

1. У роботі визначено сили між кульками та боковими поверхнями пазів півмуфт для різних станів муфти. Установлено, що тертя істотного впливу на силову взаємодію не виявляє, але силу тертя необхідно враховувати під час підвищених вимог стосовно точності налаштування приладу на певний обертальний момент.

2. Можливо, що тертя суттєво позначається тільки на точності спрацьовування запобіжних муфт вільного ходу? Аби відповісти на це запитання, слід переглянути стани кульки, у яких вона перебуватиме після виходу її із пазів веденої півмуфти, тобто розглянути не тільки робочий стан, а і холостий хід. Це і буде завданням подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

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.Є., 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.