

УДК 621.891.539.375.2

О.У. Стельмах, канд. техн. наук
С.П. Шимчук

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЬНИХ СПРЯЖЕНЬ У ЧЕРВ'ЯЧНИХ ПАРАХ ПРИ БЕЗАДГЕЗІЙНОМУ ТЕРТІ

Інститут екології та дизайну НАУ, e-mail: stelmah@nau.edu.ua

Наведено стислий огляд проблем вітчизняного редукторобудування та опис можливості підвищення крутного моменту черв'ячних передач завдяки використанню сталей як матеріалів черв'ячної пари та явища безадгезійного тертя.

Вступ

Стан редукторобудування на сучасному етапі розвитку України є кризовим. Невелика кількість діючих підприємств, що працюють в цій галузі, незначна програма випуску продукції (на більшості заводів вона відповідає середньосерійному типу виробництва) та невисока якість виробів – все це свідчить про необхідність відновлення даної ланки загального машинобудування.

Продукція редукторобудівних заводів володіє достатнім ступенем надійності, ремонтоздатності та довговічності, що дозволяє їй користуватися певним успіхом на внутрішньому ринку. Але потреба вітчизняних споживачів у даних виробках є незначною, а вихід на зовнішній ринок неможливий через невідповідність якості продукції світовим стандартам. Крім того, існує значний проміжок розсіювання крутних моментів у черв'ячних редукторах однієї серії різних модифікацій. Наприклад, різниця в максимальних крутних моментах у редукторах марок 2Ч-40 та 2Ч-63 становить майже 60 Н·м. Тому споживачам інколи доводиться використовувати придбану продукцію не на повну потужність.

Для виходу з кризової ситуації необхідно збільшити попит на вироби як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках за рахунок створення проміжних модифікацій редукторів однієї серії.

Шляхи вирішення проблеми

Одним з етапів підвищення інтересу до продукції редукторобудівних заводів є зменшення металоємності та збільшення крутних моментів при сталих габаритних розмірах, зниження їх вартості. Цього можна досягти за рахунок комплексного використання таких факторів:

- технологічних методів, направлених на досягнення необхідної точності виготовлення вузлів та якості оброблених деталей;
- правильного підбору матеріалів зубчатих пар і можливості використання однотипних матеріалів у важконавантажених черв'ячних передачах;
- зниження затрат на кольорові метали;

– застосування якісних мастил і речовин – організаторів безадгезійного тертя.

Точність виготовлення зубчатих передач регламентується СТ СЕВ 641 – 77 [1].

Порівняно невисокі вимоги до точності виготовлення черв'ячних передач компенсуються підбором матеріалів спряження.

При цьому доцільно звертати увагу на питання сумісності матеріалів.

На думку Х. Чихоса, В.В. Запорожця, пара тертя є відповідною трибосистемою, яка підлягає певним законам [2]. Сумісність такої трибосистеми визначається здатністю реалізувати оптимальний стан за вибраними критеріями в заданому діапазоні умов роботи.

Сумісність проявляється, перш за все, у здатності в процесі роботи пристосовуватися спряженим поверхням одна до одної, забезпечуючи стійку без пошкоджень експлуатацію трибосистеми протягом заданого ресурсу часу. При цьому матеріали пар тертя повинні задовольняти зразу дві протилежні умови: бути досить міцними і володіти необхідною антифрикційністю [2].

Традиційно, при високих швидкостях ковзання і несприятливих умовах мащення у черв'ячних передачах використовуються матеріали, які володіють підвищеними антифрикційними властивостями, зносостійкістю та пониженою здатністю до заїдання в процесі роботи. Черв'яки виготовляють з якісних вуглецевих чи низьколегованих сталей з подальшою термообробкою поверхні витків (гартування СВЧ чи цементация) та їх шліфуванням. Для виготовлення зубчатих черв'ячних коліс при $V_s \leq 5$ м/с використовують олов'янисті чи алюмінієво-залізнi бронзи.

Поєднання чорних металів і кольорових сплавів у черв'ячних передачах сприяє забезпеченню умови працездатності та разом з тим значно підвищує вартість конструкції (за рахунок використання бронзи), а також призводить до великих надлишкових запасів міцності

більшості деталей (зокрема валів, корпусу) і збільшенню металоемності виробу.

Перспектива експлуатації всіх деталей редукторів на повну потужність за рахунок допустимих запасів міцності та заміна матеріалів зубчатих пар на однотипні є можливою через використання явища безадгезійного тертя.

У працях О.Ф. Аксьонова, Т.В. Тернової, О.У. Стельмаха [3; 4] висвітлюється явище безадгезійного тертя за умови межового мащення ідеально чистих поверхонь, поверхонь з різною конфігурацією мікрорельєфу та причина відсутності самої адгезійної складової.

При виборі матеріалів пари, яка контактує, доцільно звертати увагу на властивості матеріалів спряження [5; 6]. Так, запропонована для використання як черв'ячної передачі пара тертя сталь – сталь має значно кращі міцнісні і пружні властивості, ніж пара сталь – бронза, що дозволяє висунути припущення про можливість підвищення крутного моменту до необхідної величини, не знижуючи ресурсу виробу. Проте теплопровідність пари сталь – бронза є вищою ніж у парі сталь – сталь, що не призводить до перегріву редуктора в процесі його експлуатації. Забезпечити нормальний тепловідвід при контакті сталь – сталь можливо завдяки використанню речовин-організаторів безадгезійного тертя.

Моделювання черв'ячної пари при різних матеріалах спряження проводили на машині тертя з лінійним типом контакту ПТЛК– О (див. рисунок).

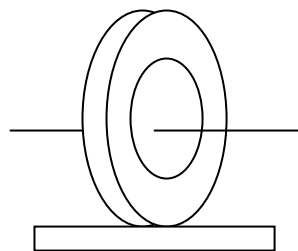


Схема лінійного контакту

Як модельні матеріали було вибрано матеріали, використання яких у черв'ячних парах викликає інтерес.

Для забезпечення жорстких умов випробувань, як змащувального середовища було вибрано авіагас ТС-1 з додаванням у нього речовини-організатора безадгезійного тертя.

Навантаження на одиницю площі контакту на порядок перевищували реальні контактні навантаження в черв'ячній парі. Результати роботи наведено в таблиці.

Аналіз даних показує, що пара тертя сталь – бронза непридатна для використання як

черв'ячного спряження при збільшенні крутних моментів (підвищенні контактних тисків) та сталих розмірах передачі навіть під час застосування речовин-організаторів безадгезійного тертя.

Процес зношування поверхонь при терті пари сталь – бронза супроводжується в даному випадку різанням (див. таблицю, випробування 5, 6).

При моделюванні черв'ячної передачі парою тертя сталь – сталь (див. таблицю, випробування 1, 2, 3, 4, 6, 7) зноси незначні і мають від'ємний характер, що підтверджує можливість підвищення крутних моментів передачі за рахунок використання сталених спряжень та речовин-організаторів безадгезійного тертя.

У випробуваннях 1, 2 чистота поверхонь пари, що контактує, була в межах 0,02 мкм; у випробуваннях 3, 4, 5 – відповідала чистоті після плоского шліфування.

Результати випробувань

Номер випробування	Матеріал контр-зразка	HRC	Матеріал зразка	HRC	Знос, мкм
1	Сталь 45	45	Сталь 45	20	1,1 0,5 0,77 0,23
2	Сталь 45	45	Сталь 45	45	0,38 -0,47 -0,57 -0,57
3	ШХ 15	62	Сталь 45	45	0,5 -0,3 -2 -0,6
4	Сталь 45	45	Сталь 45	45	0,5 2,42 1,7 0
5	Сталь 45	45	БрАЖ 9	35	Різання
6	ШХ 15	62	БрО10С10	–	5,3 29,3 26,6 63,3
7	ШХ 15	62	Сталь 45	45	50 35 15 5

У випробуванні 7 (див. таблицю) стальна пара ШХ 15 – Сталь 45 працювала при навантаженні в зоні контакту 12,5 кг. Шорсткість поверхні контрзразка відповідала чистоті після обробки шкуркою (мікрорельєф – перехрещення слідів обробки), шорсткість плоского зразка – чорновій токарній обробці. Знос пари суттєво зменшувався в часі, що свідчить про припрацювання спряження. Тому в перспективі існує можливість використання сталюого спряження ШХ 15 – Сталь 45, при великих величинах шорсткості поверхонь за черв'ячну пару при підвищених навантаженнях, застосовуючи як присадки до мастил речовин-організаторів безадгезійного тертя.

На поверхнях тертя за умови безадгезійного тертя протікають складні триботехнічні процеси, пов'язані з механічними, фізичними і хімічними взаємодіями матеріалів на ділянках контактування. Одержані результати показують, що для нормальної працездатності сталюї черв'ячної пари слід приділяти увагу питанням сумісності спряжених поверхонь за твердістю та шорсткістю.

На механізм зносу значний вплив має розподіл зносу між поверхнями тертя в парі. Так, при однакових матеріалах спряження, рівновеликих поверхнях тертя, інших рівних умовах їх знос не буде значно відрізнятися. При різних матеріалах пари – різні вагові та лінійні зноси [7].

Висновки

1. Експериментально виявлено існування можливості і перспективності використання пари тертя сталь – сталь при виготовленні черв'ячної пари та суттєвому підвищенні крутних моментів передачі за рахунок збільшення контактних тисків.

2. Передбачено можливість забезпечення допустимої температури пари, що контактує сталь–сталь за рахунок використання речовин-організаторів безадгезійного тертя.

3. Створено передумови для проведення подальших стендових випробувань.

Список літератури

1. *Проектирование механических передач: Учеб. справ. пособие для вузов / С.А. Чернавский, Т.А. Снесарев, Б.С. Козинцов и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 560 с.*
2. *Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах (Транспортная техника). – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.*
3. *Аксёнов А.Ф., Терновая Т.В., Стельмах А.У. О возможности практически безыносного трения металлов в среде керосина // Трение и износ. – 1990. – Т.11, №1. – С. 176–177.*
4. *Повышение износостойкости трущихся деталей путем введения КС металлов / А.Ф. Аксенов, Т.В. Терновая, В.Т. Маслов, И.Н. Башкевич и др. // Авиационная промышленность. – 1986. – № 3. – С. 46–47.*
5. *Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1968. – 543 с.*
6. *Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка. – М.: Машгиз, 1960. – 480 с.*
7. *Бакли Д. Поверхностные явления при адгезии и фрикционном взаимодействии: Пер. с англ. А.В. Белого, Н.К. Мишкина; Под ред. А.И. Свиденка. – М.: Машиностроение, 1986. – 360 с.*

Стаття надійшла до редакції 20.09.04.

А.У. Стельмах, С.П. Шимчук

Экспериментальная оценка возможности использования стальных сопряжений в червячных парах при безадгезионном трении

Приведены краткий обзор проблем отечественного редукторостроения и описание возможностей повышения крутящего момента червячных передач путем использования сталей в качестве материалов червячной пары и явления безадгезионного трения.

A.U. Stelmah, S.P. Shimchuk

Experimental estimation of an opportunity of use of steel interfaces in worm pairs at non-adhesion friction

In article the brief review of problems of Ukraine manufactures of reducers and the description of opportunities of increasing of the twisting moment of worm gears in result of by using steels as materials of worm pair and the phenomenon of non-adhesion friction.