УДК 621.891

С.І. Маркович, канд. техн. наук, Ю.В.Рябоволик, асп., С.А. Глушаков, магістр.
Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження впливу фретінг-зношування на довговічність картера коробки передач з розробкою технології його відновлення

В статті проаналізовано умови експлуатації картерів коробок передач, показана лінійна залежність інтенсивності зношування спряженнь обійм підшипників з картером та валами в міру напрацювання, експериментально встановлена залежність зносу отворів картера від пробігу автомобіля, запропонована технологія відновлення отворів під підшипники та встановлена залежність стійкості до фретінг-зношування відновлених поверхонь в залежності від питомого навантаження
картер, зношування, фретинг-зношування

При експлуатації картери коробок передач автомобілів КамАЗ підлягають впливу різноманітних механічних навантажень, ударам, вібраціям, акустичним шумам та ін. Джерелом цих навантажень можуть бути, як робочі процеси, які відбуваються, так і попадання пилу, продуктів зношування, вплив знакозмінних динамічних навантажень. В процесі експлуатації відбувається постійне перемикання передач коробки з осьовими переміщеннями валів, особливо вторинного (веденого). Це приводить до виникнення осьових коливань підшипників і внаслідок фретінг-зношування до втрати нерухомого характеру посадки їх обойм в картері або на валах. Одночасно відбуваються і радіальні коливання валів під дією дизбалансу зчеплення, карданного валу. Ці коливання також викликають фретінг–зношування в сполученнях підшипників з картером і валами, що приводять до втрати нерухомого характеру цих сполучень.

Після втрати нерухомості сполучення інтенсивно зростають радіальні зазори валів, що істотно порушує умови зачеплення зубів шестерень, перемикання передач. Зростає інтенсивність підвищення кутових зазорів за рахунок зношування елементів шліцьових сполучень. Це у свою чергу інтенсифікує зростання осьових зазорів. У цьому і виявляється взаємний вплив технічного стану елементів коробки передач в процесі експлуатації. Це повинно враховуватися при призначенні нормативів ремонту коробки передач (періодичність, об'єм робіт, показники технічного стану).

Згідно технічних вимог можна встановити, що номінальні розміри отворів під підшипники в картері значно збільшені до 0,04 мм. в порівнянні з розмірами, що забезпечують оптимальний натяг в спряженні. Це очевидно обумовлено для забезпечення можливості складання механізму в умовах замкненого простору і відсутності належного доступу і на нашу думку є конструктивним недоліком. Цей недолік і забезпечує відносне незначне переміщення контактуючих поверхонь, що і сприяє виникненню фретінг-корозії.

Сполучення коробки передач, як і більшість сполучень трансмісії можна віднести до динамічно навантаженим по класифікації професора Ф.Н. Авдонькіна. У таких сполученнях інтенсивність зношування деталей у міру зношування збільшується по лінійній залежності [1]

$$\alpha = \alpha_0 + b\Delta S\,, \qquad (1)$$

© С.І. Маркович, Ю.В.Рябоволик, С.А. Глушаков, 2010

де α_0 – інтенсивність зношування деталі в кінці припрацювання, приведена на початок експлуатації;

b - зміна інтенсивності зношування на одиницю зносу;

ΔS - знос деталі.

Відповідно до рівняння (1), величина зносу деталей S і зазорів між ними зростає по експоненціальній залежності

$$S=S_0e^{bl}, \tag{2}$$

де S_0 - знос в кінці припрацювання, приведений на початок експлуатації.

З урахуванням залежностей (1) і (2) інтенсивність зношування із зростанням напрацювання l зростає також по експоненціальній залежності

$$\alpha = \alpha_0 e^{bl}. \tag{3}$$

Сполученнями коробки передач, що найбільш зношуються, є сполучення зовнішніх обойм підшипників первинного і вторинного валів з картером коробки. У початковому стані ці сполучення нерухомі.

Проте, внаслідок дії вібрацій від дисбалансу валів і шестерень і дії радіальних навантажень змінного характеру відбувається фретинг – зношування. При певному ступені руйнування поверхні посадочних отворів картера на деякому напрацюванні $l_н$ втрачається нерухомість сполучення і спостерігається вже тертя ковзання з мастилом. Оскільки чавунний картер КП має меншу твердість ніж обойма підшипника, то він зношується в більшій степені. Сполучення це можна віднести до динамічно навантажених, тому знос посадочного отвору в процесі експлуатації змінюється по експоненціальній залежності (3). Проте тут необхідно враховувати, що до напрацювання $l_н$ знос практично був рівний нулю, тому залежність (3) прийме вигляд

$$S = S_0 e^{b(l-l_н)}, \tag{4}$$

яка визначена при $l > l_н$.

Окрім радіального зносу посадочних отворів унаслідок дії бічних (міжосьових) сил спостерігається їх нерівномірне зношування. Зона найбільшого зносу розташовується убік, протилежну розташуванню проміжного валу. В результаті цього порушується співвісність посадочних отворів, що необхідно враховувати при розробці технології відновлення картера.

Перевірку приведених теоретичних виразів проводили на основі аналізу вимірів індикаторним нутроміром отворів картеру з різним рівнем пробігу. На основі вимірів встановлена залежність зносу отворів від пробігу автомобіля, що відображена на рисунку 1.

Як видно з приведеного графіка зношування є доволі інтенсивним, причому отвори первинного та вторинного вала зношуються інтенсивніше ніж отвори проміжного вала, що на нашу думку і обумовлено зазначеними вище факторами фретінг-зношування

Для відновлення спряження застосовувалась технологія електродугового напилення внутрішніх покриттів з застосуванням обладнання та матеріалів, розроблених згідно [2,3]

Перевірку зразків проводили за методикою [4] на установці МФК-1 для випробування на фретінг-корозію при амплітуді A = 0,05 мм, частоті f = 30 гц та кількості циклів $N = 0{,}5 \cdot 10^3$ цикл при навантаженні P до 50 МПа. Дослідження проводили на циліндричних зразках з нанесеним на торець покриттям. Контрольним зразком слугував циліндр з чавуну СЧ-21.

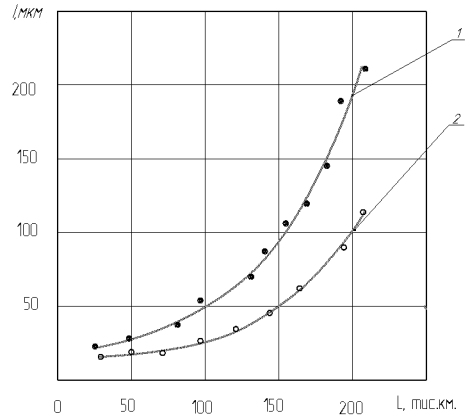
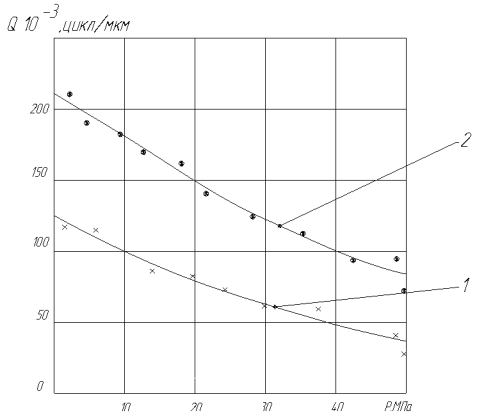


Рисунок 1 – Залежність спрацювання отворів картера коробки передач під підшипники первинного і вторинного валів (1), проміжного вала (2) від пробігу автомобіля КамАЗ

Аналізуючи отримані залежності можна відмітити, що у поверхонь, зміцнених вказаними методами, підвищується зносостійкість в умовах фретінг-корозії, причому більшою мірою позитивний ефект виявляється в області відносних невисоких питомих навантажень (рис.2).

Збільшення зносостійкості поверхонь, можна пояснити наявністю зміцнюючих часток в композиційному покритті, а також наявністю залишкової напруги стиснення в поверхневому шарі.



1 — зразок з чавуну СЧ-21; 2 - зразок зміцнений електродуговим напиленням

Рисунок 2 - Залежність стійкості до фретінг-зношування поверхонь в залежності від питомого навантаження при A = 0,05 мм, f = 30 гц, N = $0{,}5 \cdot 10^3$ цикл

Знос зразка з напиленням в порівнянні з контрольним зразком зменшився в 2,13 рази, що дозволяє рекомендувати технологію для впровадження в виробництво.

Список літератури

1. Авдонькин Ф. Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей [Учебное пособие для ВУЗов] /Авдонькин Ф. Н. - М.: Транспорт, 1985, 215 с.
2. Пат. №42414 (Україна) МПК(2009) B23K 35/24.Порошковий дріт для одержання відновних електродугових покриттів, придатних до обробки лезовим інструментом / Похмурський В.І., Студент М.М., Маркович С.І., Мажейка О.Й., Рябоволик Ю.В. (Україна).№200813016; Заяв. 10.11.2008. Опубл. 10.07.09. Бюл. №13
3. Пат. №46176 (Україна) МПК(2009) B05B 7/00. Розпилювальна головка електрометалізатора для нанесення металевих покриттів на внутрішні циліндричні поверхні / Похмурський В.І., Студент М.М., Маркович С.І. , Мажейка О.Й., Рябоволик Ю.В. (Україна).№200906437; Заяв. 19.06.2009. Опубл. 10.12.09. Бюл. №23
4. Голего Н.Л. Фретинг-корозия металов / Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шевеля В.В. – К.: Техніка, 1974, 272 с.

С. Маркович, Ю.Рябоволик, С.Глушаков

Исследование влияния фретинг-изнашивания на долговечность картера коробки передач с разработкой технологии его востановления

В статье проанализированы условия эксплуатации картеров коробок передач, показана линейная зависимость интенсивности изнашивания сопряжений обойм подшипников с картером и валами в меру

наработки, экспериментально установлена зависимость износа отверстий картера от пробега автомобиля, предложена технология востановления отверстий под подшипники и установлена зависимость стойкости к фретинг-изнашиванию восстановленых поверхностей в зависимости от удельной загрузки.

S.Markovich, Ju.Ryabovolik, S.Glushakov

Research of influence of fretting wear on longevity of crankcase of gear-box is with development of technology of his renewal

External of crankcases of gear-boxes environments are analysed in the article, cauldron linear dependence of intensity of wear of interfaces of holders of bearings with a crankcase and billows to the extent of work, dependence of wear of openings of crankcase is experimentally set on the run of car, technology of the proceeding openings is offered under bearings and dependence of firmness is set to the fretting wear of surfaces depending on the specific loading.

Одержано 29.04.10