

Виробничий досвід

УДК 622.24:621.603.29

ЗМЕНШЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРА ВЕРСТАТА-ГОЙДАЛКИ

¹Б.В.Копей, ²О.І.Стефанишин

¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел. (03422) 40534,
e-mail: koreyb@iifnq.edu.ua

² ЦБВО ВАТ "Укрнафта", 79760, Львівська обл., м. Борислав, вул. Шевченка 77-а

Розглядаються відмови редукторів верстатів-гойдалок, які підлягають зносу і виходу з ладу. Визначено причини відмов редукторів.

Рассматриваются отказы редукторов станков-качалок, которые подлежат износу и выходу из строя. Определены причины отказов редукторов.

Types of failures of reducing gears of pumping units which are subject to wear and failures are examined in this article. Certain reasons of failures of reducing gears are determined.

У важконавантажених деталях машин, до яких відносяться зубчаті передачі, основними видами спрацювання вважаються: адгезійне спрацювання (в результаті стирання або заїдання), абразивне спрацювання (в результаті зрізання поверхневого шару через наявність в маслі частинок абразиву, до якого належать частинки металу і частинки інших матеріалів, що знаходяться в маслі), корозійне спрацювання і втомне викришування.

Перший вид спрацювання у важконавантажених передачах відбувається тоді, коли масляна плівка, яка розділяє контактуючі поверхні під дією навантаження зменшується і в окремих точках контакту виникає дотик поверхні з іншою поверхнею. В цьому випадку властивості масла, які впливають на спрацювання деталей, залежать від його властивості витримувати великі навантаження. Основними показниками, що характеризують властивість масла до створення масляної плівки з високою несучою властивістю, яка запобігає і зменшує спрацювання поверхонь є його в'язкість.

Встановлено, що більш в'язкі масла порівняно з менш в'язкими за однакових умов експлуатації утворюють більшої товщини масляну плівку і одночасно підвищують її несучу властивість, а отже – зменшується спрацювання. Крім цього, властивість масла попереджувати або зменшувати спрацювання залежить від типу плівки, яка виникає на поверхнях тертя че-

рез застосування поверхнево-активного або неактивного масла.

Частими причинами виходу з ладу опор кочення є: втомне викришування (рис. 1), теплове заклинення (рис. 2), аварійне спрацювання і руйнування сепараторів, абразивне спрацювання. Довговічність опор кочення з лінійним контактом тіл кочення і кілець обернено пропорційна навантаженню на більш навантажене тіло в степені 3,3. Зменшення цього навантаження хоча б на 10% збільшує довговічність підшипника на 36%.

Одним із методів збільшення довговічності підшипника є створення між тілом кочення і кільцем підшипника металічної плівки, яка збільшить площу контакту і тим самим зменшить максимальне навантаження на тіло кочення. Металічна плівка товщиною 0,5...1 мкм може збільшити за достатньо великого навантаження площу контакту в 1,5...2 рази, що вплине на довговічність підшипника (рис. 3).

Одним із важливих факторів, які впливають на стан пари тертя, є температура, що виникає під час тертя. Температура від тертя нагріває тонкі поверхневі шари спряжених зубів коліс і шари масла між ними. Тому найбільш важливим фактором, що впливає на процес заїдання поверхонь, є температура поверхневого тертя. Заїдання коліс (рис. 4) супроводжується збільшенням температури робочих поверхонь зубів до такого значення, коли в'язкість масла



Рисунок 1 — Втомне викришування роликів підшипника



Рисунок 4 — Зубчате колесо проміжного вала редуктора Ц2НШ-750 після заїдання зубчатої передачі



Рисунок 2 — Теплове заклинювання підшипника редуктора

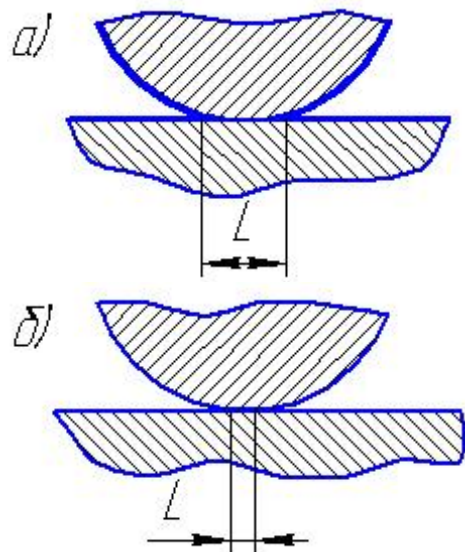


Рисунок 3 — Контакт ролика з кільцем роликового підшипника за наявності металічної плівки (а) і без неї (б)

зменшується і граничний його шар повністю втрачає змазуючі властивості і не захищає від безпосереднього контакту металеві поверхні. При цьому виникає миттєвий процес заїдання і передача виходить із ладу.

Важливою фізико-хімічною властивістю масла є здатність його до окислення. Мінеральні масла в звичайних атмосферних умовах зберігають свої властивості протягом досить тривалого часу. Але під час експлуатації в результаті нагрівання, а також в результаті взаємодії масла з повітрям за наявності кристалічно-активних компонентів при високій температурі масло змінює свої фізико-хімічні і експлуатаційні властивості. Це проявляється у виникненні нових продуктів під час окислення: кислот, смоли асфальтенів, карбенів і карбоїдів, які, в більшості випадків, є причиною виникнення ускладнень під час роботи важконавантажених передач і вузлів тертя, а також є причиною виникнення лакових плівок на поверхнях тертя, випадання осаду. Інколи масла, які використовують для змащування зубчатих передач, внаслідок окислення майже повністю стають твердими.

Зі збільшенням навантаження в контакті збільшується потужність тертя, тепловиділення, а також контактна температура. Товщина змазуючої плівки внаслідок зменшення в'язкості з підвищенням температури зменшується. Таким чином із збільшенням навантаження небезпека заїдання практично у всіх випадках зростає.

Зі зменшенням шорсткості робочих поверхонь зубів коліс можна значно зменшити максимальну миттєву температуру в зоні контакту зубів. Очевидно є якась оптимальна шорсткість поверхонь, яка забезпечує найбільшу несучу властивість передачі по заїданню і спрацюванню. Крім цього має значення відношення товщини масляної плівки і сумарної висоти мікронерівностей спряжених поверхонь зубів коліс.

Властивості масла і їх в'язкість також значно впливають на максимальну миттєву температуру на поверхні зубчатих коліс. Оскільки спалахи температури на поверхні зуба високі в

початковій і кінцевій точках контакту, де швидкість ковзання найбільша і можливі кромочні удари, які приводять до розсікання масляної плівки, ефективним методом зниження цієї температури є профільна модефікація зубів.

На виникання заїдання не значно впливає спосіб і кількість подачі масла в контакт. Необхідно утримувати тонку масляну плівку на поверхні тертя, надмірне масло повинне видалятися із зони тертя до входу в контакт, в іншому випадку збільшуються витрати енергії на видавлювання і розбризгування масла з поверхонь тертя. Ідеальним є змащування коли подається струя масла в зону виходу зубів із зачеплення. При цьому відбувається швидке відведення тепла в масло, скидання масла в картер, а до моменту зачеплення зубів на їх поверхнях залишається тонка ефективна масляна плівка.

На можливість виникнення заїдання впливає шорсткість поверхні (рис. 5). З одної сторони завдяки шорсткості поверхні створюється масляні кишені, і, оскільки зубчаті передачі працюють в області граничного тертя то невелика шорсткість має позитивний вплив на роботу зубчатих передач. Велике значення має структура шорсткості.

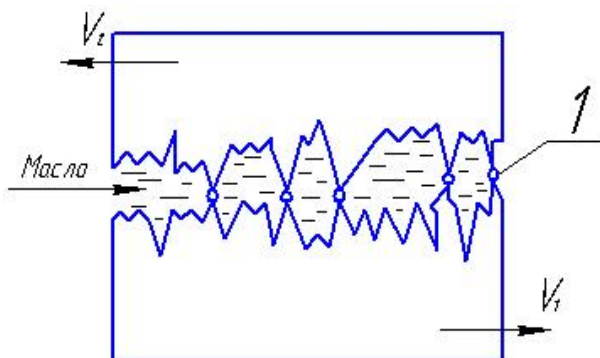


Рисунок 5 — Схема контакту мікронерівностей пари тертя (1-точки контакту)

Якщо мікронерівності та масляні кишені на поверхні розміщені в хаотичному порядку, то під час контакту спряжених поверхонь зубів виникає великий тиск в масляних кишенях. Одночасно під дією миттєвої температури від дотику мікронерівностей значно збільшується температура в масляних кишенях, що має шкідливий вплив на поверхневий шар зубів (рис. 6). Поперечна або повздовжня шорсткість на поверхнях тертя більш практична, оскільки під час контакту спряжених поверхонь масло, нагріте миттєвою температурою, буде видавлюватися із масляних кишень та одночасно буде відводитись тепло з поверхні спряження.

Велике значення для збільшення міжремонтного періоду має періодичне технічне обслуговування редуктора, що зводиться до змащування підшипників та перевірки рівня та якості масла в картері та вчасної заміни відпрацьованих пластичних мастильних матеріалів.

Структурно-механічні властивості пластичних мастильних матеріалів, які визначають їх поведінку під навантаженням, в основному

пов'язані з такими характеристиками, як міцність і в'язкість. Більш в'язким мастильним матеріалом притаманні товсті масляні плівки, які краще вирівнюють контактні навантаження і при цьому володіють меншим опором зсуву. Таким чином, пружнопластичні характеристики мастильного матеріалу разом із параметрами в'язкості є основними показниками, що визначають роботу пари тертя. До основних характеристик пластичних мастильних матеріалів відноситься в'язкість, степінь очищення, температура спалаху, і температура застигання.



Рисунок 6 — Викришування поверхневого шару зубів

Під час заміни пластичних мастильних матеріалів основною характеристикою може слугувати їх основа (повинна бути однаковою в обидвох випадках), несуча властивість, яка також повинна бути або однаковою в обидвох випадках, або дещо кращою. В'язкість та міцність пластичних мастильних матеріалів є найбільш суттєвими показниками, які визначають можливість їх проходження по каналах (для проходження масла) і малих зазорах вузлів тертя. Практично всі пластичні мастильні матеріали, періодично подають до вузлів тертя за допомогою шприца. Більшість пластичних матеріалів за температури 20°C мають в'язкість 0,4-4 кП і вільно подаються у вузли тертя. Однак за низьких температур, наприклад -30°C, в'язкість зростає до 3,5-30 кП і проведення змащування дещо ускладнюється. При невчасній заміні пластичних мастильних матеріалів виникає його деструкція, випаровування, згущення, що перешкоджає проникненню свіжого мастильного матеріалу.

Під час заміни масла необхідно врахувати, щоб характеристики масла, яке заливають в картер редуктора були однакові, або дещо кращі, ніж характеристики масла згідно паспортних даних редуктора. Протягом місяця було проведено огляд обладнання, яке надійшло в ремонт. Зокрема, контролювали кількість масла в картері та його якість. В кожній одиниці обладнання в картері спостерігали значно занижений рівень масла та, крім масла, в ньому знаходилася значна кількість води. Дані дослідження представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 — Дійсний об'єм відпрацьованого масла та вміст води в картері редуктора чи насоса

Перелік обладнання	Об'єм картера, л	Дійсний об'єм відпрацьованого масла	
		Вміст масла, л	Вміст води, л
Редуктор Ц2НШ-750	135	85	20
Редуктор Ц2НШ-750	135	42	12
Редуктор Ц2НШ-315	37,8	15	8
Редуктор Ц2НШ-450	109	30	15
Насос НБ-125(9МГр) (механічна частина)	24,3	5	12
Насос НБ-125(9МГр) (механічна частина)	24,3	10	5
Редуктор РН-650	63	22	4

Присутність в мастильному матеріалі води майже завжди впливає негативно на роботу вузла тертя, так як вода викликає корозію металічних поверхонь. Вода конденсується на стінках картера і деталях після зупинки редуктора і охолодження нагрітих деталей. Висока вологість і значне попадання води в картер значно підвищує інтенсивність корозії. Отже, в цьому випадку мастильні матеріали повинні володіти високими деемульгуючими властивостями, тобто властивістю забезпечувати швидке відстоювання води і запобігати утворенню стійких водо-масляних емульсій.

Корозійна агресивність масла залежить від наявності в ньому не тільки води, але і кислот, присадок, які містять в своєму складі хімічно-активні речовини, агресивні по відношенню до металів. Низькомолекулярні кислоти реагують з металом вже при звичайній температурі, в той час як високомолекулярні кислоти вступають в реакцію при наявності в маслі води і кисню через гідрат окису. Властивість масла захищати деталі від корозії в присутності води і кисню може бути покращена застосуванням присадок.

Впровадження у промисловість нової енерго-ресурсозаощадливої і екологічно чистої ХАДО-технології є особливо актуальним в умовах нинішньої енергетичної кризи і підвищеного енергоспоживання. Суть технології полягає в нанесенні на деталі вузлів і механізмів, що піддаються тертю в процесі їхньої експлуатації шляхом додавання у масло спеціальної ремонтно-відновлюючої суміші (РВС), що утворює на поверхнях деталей шар металокерамічного покриття. РВС- це дрібнодисперсна, багатокомпонентна суміш мінералів з різними добавками і кристалізаторами. Вона сумісна з будь-якими видами масел, у хімічні реакції з ними не вступає, і не змінює в'язкість. В початковий момент взаємодії РВС з поверхнями, що піддаються тертю відбувається їхнє суперфінішне припрацювання. За рахунок високої температури, що виникає в місцях контакту, відбувається "приплавлення" частинок РВС до кристалічної решітки поверхневого шару металу. Таким чином, на поверхнях пари тертя утворюється металокерамічний шар, вирощений на

кристалічних решітках поверхневого шару металу.

Більш широке застосування отримують мастильні матеріали з присадками хімічних з'єднань або м'яких металів. Призначення присадок – захист поверхонь тертя від прямого контакту, підвищення несучої властивості і ресурсу роботи пари тертя. В результаті припрацювання присадки на поверхнях тертя утворюють стабільні захисні плівки. Властивості таких плівок можна порівняти з властивостями звичайних мастильних матеріалів. Для важконавантажених передач це виявляє особливий інтерес, так як в експлуатації не було мастильних матеріалів, які витримують питомі навантаження до 150МПа і більше на малих швидкостях ковзання. Якщо в мастильні матеріали в якості присадки ввести молібден або дрібнозернисті порошки міді, бронзи, олова або свинцю, несуча властивість їх зростає. Плівки м'яких металів скорочують час припрацювання поверхонь тертя, захищають від заїдання, знижують теплове напруження контакту.

На довговічність будь-якого важконавантаженого спряження значно впливають вид і властивості мастильного матеріалу, однак ще немає достатньо обумовлених методів і рекомендацій вибору та його заміни. Під час вибору мастильних матеріалів дуже важливо не тільки знати їх експлуатаційні характеристики, основними з яких є: зменшення спрацювання зубчатих коліс та інших деталей, зменшення тертя, а одже і втрат потужності на тертя, використання масла, як охолоджуючої рідини, попередження корозії, зменшення шуму, вібрації і ударних навантажень, видалення із спряжених поверхонь забруднюючих включень, виконання ролі носія присадок, а також ролі конструкційного матеріалу, так як масло має важливе значення під час визначення несучої властивості зубів і стійкості їх до виламування. Також не менш важливо правильно оцінити умови роботи конкретної пари тертя. Часто одним мастильним матеріалом під час експлуатації змащують і обертові, і зворотньо-обертові (кочення) пари тертя.

Література

- 1 Избирательный перенос в тяжело нагруженных узлах трения / [Гаркунов Д. Н., Дякин С.И., Курлов О.Н. и др.] – М.: Машиностроение, 1982. – 205 с.
- 2 Генкин М.Д. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач / Генкин М.Д., Рыжов М.А., Рыжов Н.М. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
- 3 Раабен А.А. Монтаж и ремонт бурового и нефтепромыслового оборудования / Раабен А.А., Шевалдин Н.Х., Максудов Н.Х.. – М.: Недра, 1980. – 260 с.
- 4 Решиков В.Ф. Трение и износ тяжело нагруженных передач / Решиков В.Ф. – М.: Машиностроение, 1975. – 230 с.

Стаття поступила в редакційну колегію

15.05.09

*Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.*