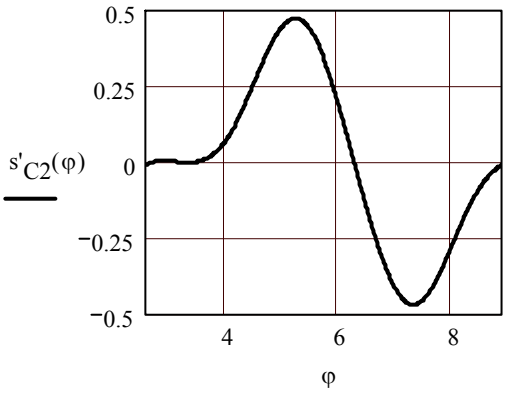

Рис. 4. Діаграма швидкостей повзуна 5

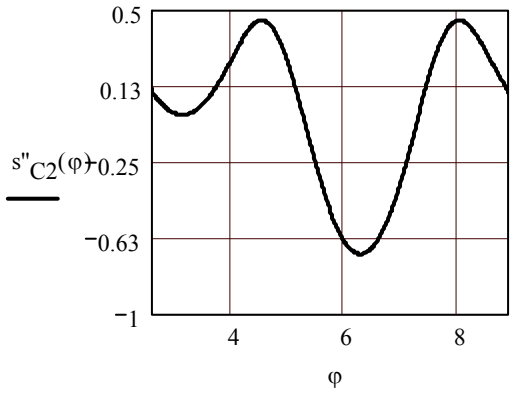

Рис. 5. Діаграма прискорень повзуна 5

Література

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И.И. – М. : Наука, 1988. – 640 с.

2. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин / Кіницький Я.Т. – К. : Наукова думка, 2002. – 660 с.

3. Киницкий Я.Т. Шарнирные механизмы Чебышева с выстоем выходного звена / Киницкий Я.Т. – К. : Вища шк., 1990. – 229 с.

4. Кіницький Я.Т. Визначення параметрів зупинки вихідної ланки механізмів, побудованих на базі центрального прямолінійного кривошипно-повзунного механізму / Я.Т. Кіницький, П.В. Міняйло, М.В. Марченко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2009. – № 5. – С. 34–39.

5. Кіницький Я.Т. Знаходження точок перегину шатунної кривої кривошипно-повзунного механізму / Я.Т. Кіницький, П.В. Міняйло, М.В. Марченко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. –№ 6. – С. 70–74.

6. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин в системі Mathcad / Я.Т. Кіницький, В.О. Харжевський, М.В. Марченко. – Хмельницький : ХНУ, 2014. – 295 с.

Отримана/Received : 10.4.2017 р. Надрукована/Printed :8.6.2017 р.
Статтю представляє д.т.н., проф. Кіницький Я.Т.

УДК 621. 643. 053

І.О. ПОХИЛЬЧУК, Т.О. ГАЛИЦЬКИЙ, О.Р. СТРІЛЕЦЬ, З.К. САСЮК
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

МЕТОДИКА ПІДБОРУ МАТЕРІАЛІВ ПАР ТЕРТЯ НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ТОРЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ ПІДВИЩЕНОЇ ГЕРМЕТИЧНОСТІ

У статті описана принципова схема нових торцевих ущільнень підвищеної герметичності, конструкція та принцип дії нових конструкцій, розроблених на її основі, які мають покращені характеристики герметичності. Наведена методика підбору матеріалів пар тертя нових конструкцій торцевих ущільнень підвищеної герметичності та матеріали які рекомендується використовувати під час їх виготовлення. Зроблено висновок про доцільність використання певних матеріалів.

Ключові слова: торцеве ущільнення, пара тертя, кільця тертя, матеріали пар тертя.

I.O. POKHILCHOOK, T.O. HALYTSKIY, O.R. STRILETS, Z.K. SASIUK
National University of Water And Environmental Engineering, Rivne, Ukraine

METHOD OF SELECTION OF MATERIALS FOR FRICTION PAIRS OF NEW DESIGNS OF MECHANICAL END FACE SEALS WITH INCREASED TIGHTNESS

The aim of the article is to describe the methods of materials selection for friction rings of new designs of mechanical end face seals with increased tightness which would provide them the necessary tightness, durability and wear resistance for different operating modes. The end face seals are responsible assembly units of hydraulic pipelines, which often define qualitative performance indicators of such machinery for failures in the sealing mechanism leads to major missfunctioning or even failure of whole machine in general. The new designs of mechanical end face seals improve the stability and reliability of such units by increasing their tightness. This effect among others depends on the materials used. That's why the picking of materials is an actual problem to solve. Based on the overview of possible materials that can be used in mechanical end face seals the conclusion about most suitable ones for certain operational modes have been made.

Key words: mechanical end face seal, friction pair, friction rings, material.

Постановка проблеми

В сучасному машинобудуванні для ущільнення валів насосів машин і механізмів хімічної,

нафтопереробної та інших галузях народного господарства, за допомогою яких через гідравлічні трубопроводи транспортуються різноманітні рідини та рідинні суміші, наприклад, розчин, нафта, нафтопродукти та ін., використовуються торцеві ущільнення. Досить часто, саме ущільнення визначають якісно експлуатаційні показники машин, бо відмова у роботі ущільнення приводить до відмови механізму або машини в цілому.

Актуальним є процес розроблення та обґрунтування параметрів нових конструкції торцевих ущільнень, які забезпечують підвищення герметичності рухомих з'єднань не тільки на початку роботи, а й під час спрацювання пари тертя, протягом більшого терміну у порівнянні з існуючими конструкціями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Різноманітні експлуатаційні функції сприяли розробці великої кількості конструкцій торцевих ущільнень, описаних у роботах [1–8] та інших. Найбільш широко конструкції відомих торцевих ущільнень, принципи їх роботи та приклади розрахунків описані в [6]. У роботі [5] описана принципова схема торцевого ущільнення, причини які впливають на роботу як самих ущільнень, так і всього вузла, в який вони входять описані [3, 4]. В [3] описано характер розподілу тиску в зазорі пари тертя торцевих ущільнень, внаслідок чого відбувається утворення характерного профілю зносу кілець тертя. Розглянуті в [1–8] існуючі конструкції торцевих ущільнень мають суттєвий недолік – зменшення надійності роботи при збільшені об'єму ущільненого середовища, яке потрапляє в стик пари тертя. Для запобігання цього явища пропонуються нові конструкції торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища із стику пари тертя [9–12]. Ці конструкції суттєво відрізняються від існуючих і оптимізація матеріалів їх деталей не проводились.

Мета роботи

Метою роботи є опис методики підбору матеріалів кілець тертя нових конструкцій торцевих ущільнень підвищеної герметичності, які б забезпечували їх необхідну герметичність, довговічність та зносостійкість для різних режимів роботи, мають задовольняти комплексу вимог: повинні бути сумісними з ущільненим середовищем, мати високу корозійну стійкість, достатню міцність, володіти антифрикційними властивостями (низький коефіцієнт тертя, відсутність заїдання та залипання), високу термостійкість.

Реалізація роботи

Незважаючи на переваги існуючих конструкцій торцевих ущільнень всі вони мають суттєвий недолік: зменшення надійності роботи при збільшені об'єму ущільненого середовища, яке потрапляє в стик пари тертя. Для запобігання цього явища пропонуються нові конструкції торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища із стику пари тертя. В яких, при розкритті стику пари тертя, рідина вловлюється кільцевою канавкою, яка виконана на торці обертового кільця, і через осьові канали рухається до радіально розміщених порожнин звідки, під дією відцентрової сили повертається назад в ущільнену порожнину. Принципова схема такого ущільнення показана на рис. 1. Ущільнення складається з необертового кільця тертя 1, обертового кільця тертя 2 на торці якого виконана кільцева канавка 3, яка через осьові канали 4 з'єднана з радіальними порожнинами 5.

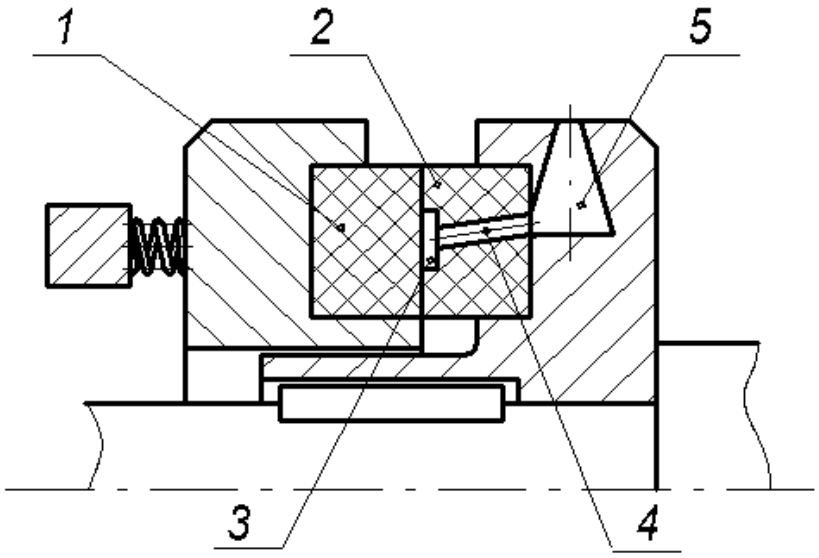

Рис. 1. Принципова схема торцевого ущільнення з активним відводом ущільненого середовища із стику пари тертя

На основі принципової схеми розроблено ряд нових конструкцій торцевих ущільнень з підвищеною герметичністю, будова та робота яких описані в [5–8].

Для забезпечення довговічності та зменшення зносу кілець ущільнення при заданих режимах роботи та ущільненому середовищі, матеріали пари тертя торцевих ущільнень повинні задовольняти комплекс вимог. Ці матеріали повинні бути сумісними з ущільненим середовищем, мати високу корозійну стійкість, достатню міцність, володіти антифрикційними властивостями (низький коефіцієнт тертя,

відсутність заїдання та злипання), високу термостійкість.

Для роботи в середовищі мінеральних та синтетичних масел добре використовувати пару бронза – гартована сталь. Це хороша антифрикційна пара, перевагою якої є висока міцність та технологічність деталей, а також термостійкість. Не слід застосовувати пару бронза – сталь при роботі без змащування поверхонь тертя (при сухому терті), так як при цьому на сталі утворюється плівка міді, що призводить до втрати герметичності ущільнення.

Високолеговані сплави – сталі та чавуни слід застосовувати для роботи в парі з вуглеграфітами та пористими кераміками. Сталі застосовують при роботі у воді, соляних розчинах, кислотах, бензині та маслі. Чавуни – у воді, бензині та маслі.

Вуглеграфітові матеріали завдяки високим антифрикційним властивостям (самозмащуванню, припрацюванню, здатності певний час працювати „на сухо”), термо- та хімстійкості можуть застосовуватись майже у всіх середовищах. Вуглеграфіти виготовляють на основі сажі, коксу та графіту. Після підготовки порошкової суміші заготовки пресуються у формах і проходять термообробку. Вуглеграфіти володіють значною пористістю, тому проходять обробку смолами. Після чого збільшується їхня щільність, міцність та антифрикційна здатність.

Важливою властивістю вуглеграфітів є здатність працювати в парі з багатьма матеріалами. Це полегшує вибір другого матеріалу пари тертя.

Матеріали на основі карбідів ділять на наплавочні та металокерамічні тверді сплави. Властивості цих матеріалів обумовлені високою твердістю та хорошою корозійною стійкістю карбідів. Завдяки цьому матеріали на основі карбідів мають високу зносостійкість та здатні працювати в різних середовищах. Металокерамічні тверді матеріали отримують методами порошкової металургії, тобто пресуванням порошкової суміші з подальшим її запіканням. Отримані деталі шліфують та притирають.

Перспективними для торцевих ущільнень є матеріали на основі карбіду кремнію, які містять вільний графіт.

Пористі металокераміки, які оброблені фторопластом-4, використовують для роботи в агресивних середовищах. Їх отримують із порошків нержавіючої сталі або бронзи шляхом пресування та наступного запікання у відновлювальній атмосфері водню. Важливою перевагою пористих металокерамік є здатність спікання з металом крупно габаритних деталей у вигляді кільця на поверхні тертя.

Бронзографіт – пористий металокерамічний матеріал, який складається з бронзи та частинок графіту, має велику пористість, яка заповнюються смолами або фторопластом-4.

Мінералокерамічні матеріали застосовують при роботі в агресивних середовищах. Вони виготовляються на основі мінералів Al_2O_3, SiO_2, окислів металів MgO, ThO, ZrO_2 із тальку, глини та відповідних добавок. Перевагою металокерамік є висока хімічна стійкість, висока твердість та зносостійкість. Недоліки – низька термостійкість, крихкість, недостатня міцність.

Матеріали, що застосовують для кілець торцевих ущільнень наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Матеріали торцевих ущільнень та орієнтовні значення їх механічних властивостей

Середовище		Прісна вода	Морська вода		Кислоти та інші агресивні середовища			Нафта та нафто-продукти	Мінеральні масла
Матеріал I пари тертя		Вуглеграфіт 2П-1000-Ф або УГ-20	те саме	те саме	те саме	Пластмаса і композиційні матеріали	Пориста мета-локераміка з фторопластом	Вуглеграфіт 2П-1000 або АГ-1500	Бронзи: Бр.ОСН 10-2-3 Бр.ОЦС 6-6-3 Бр.ОФ 7-0,2 Бр.СУН 7-2
Матеріал II пари тертя		Нержавіюча сталь 9Х18 або 4Х13	Мінералоке-раміка ЦМ-223	Стеллітт ВК2	Мінералоке-раміка ЦМ-223	Матеріал на основі карбіду кременя і графіту	Нержавіюча сталь 1Х18Н9Т	Нержавіюча сталь 9Х18	Сталь Х12Ф1 вуглецеві та хромисті сталі
Модуль Е, МПа	I	$(1,3\text{-}1,4)\times10^4$	$(1,3\text{-}1,4)\times10^4$	$(1,3\text{-}1,4)\times10^4$	$(1,3\text{-}1,4)\times10^4$	50-100	-	$(1,3\text{-}1,4)\times10^4$	$(9,0\text{-}10,0)\times10^4$
	II	$2,1\times10^5$	1×10^5	-	1×105	-	$2,03\times10^5$	$2,1\times10^5$	$2,1\times10^5$
Міцність на розтяг σ_B, МПа	I	15-20	15-20	15-20	14-20	-	23	15-20	$(2,0\text{-}4,5)\times10^2$
	II	1700	$(1,0\text{-}2,5)\times10^2$	600-700	-	-	620	1700	1000-2000
Міцність при згині $\sigma_{зг}$, МПа	I	60-80	60-80	60-80	60-80	30	-	60-80	180-220
	II	1000	-	-	1000	80	330	1000	800-1200
Твердість	I	по Шору 70-75	по Шору 70-75	по Шору 70-75	по Шору 70-75	по Шору 70-75	НВ 28-40	по Шору 70-75	НВ 70-150
	II	HRC 50-58	-	HRC 45-48	-	HRC > 64	НВ 135-185	HRC 50-58	HRC 52-64
Коефіцієнт лінійного розши-рення $\alpha\cdot10^{-6}$, 1/°С	I	2,5	2,5	2,5	2,5	-	-	2,5	17
	II	11	3,5-4,5	14	3,5-4,5	2,8	15	11	13

Висновки

Відповідно до поставленої мети та завдань в статті розв'язано актуальну та важливу науково-технічну задачу підвищення герметичності торцевих ущільнень розробкою нових конструкцій з відведенням робочого середовища від пари тертя і отримано такі основні результати:

1. На основі аналізу сучасного стану конструкцій відомих торцевих ущільнень узагальнено їх недоліки і розроблені нові конструкції торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища від стику пари тертя [9–12] для покращення герметичності вузлів магістральних насосів.

2. Запропонована принципова схема покращення герметичності торцевих ущільнень шляхом відведенням робочого середовища від пари тертя (рис. 1), яка є новою та не має аналогів.

3. Проведено огляд матеріалів, що можуть бути використані в парі тертя запропонованих торцевих ущільнень, та проаналізовано їх механічні властивості та можливості функціонування залежно від середовища та інтенсивності режиму роботи.

4. Запропонована методика підбору та матеріали для нових конструкцій торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища від пари тертя.

Література

1. Patrick M., Flatch, Dry-running seal technology for emission containment // A Sealing Technology Newsletter No. 10, October, 1994, pp. 8–11.

2. William V. Adams. Innovative technology uses gas in place of liquid to lu-bricate double mechanical seals. // Sealing Technology Newsletter No. 11, November, 1994, pp. 9–12.

3. Martsinkovsky V. A., Chernov A. E., Martsinkovsky V. S., Kovalenko S. A., Gromyko B. M., Matveev E. M. New Sealing Systems for Pumps in Chemical Industry // A Seals and Sealing Technology in Machines and Devices, VIII International Conference, Wroclaw 1998, pp. 123–131.

4. Gafleta Y. Development and application of double pulse gas-liquid seals // Procceedings of XVI International Conference Of Fluid Sealing – Brugge, Belgium, 2000. pp. 255–269.

5. Голубев А.И. Торцевые уплотнения вращающихся валов / А. И. Голубев. – М. : Машиностроение, 1974. – 212 с.

6. Голубев Г.А. Контактные уплотнения вращающихся валов / Г. А. Голубев, Г. М. Кукин, Г. Е. Лазарев, А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 1976. – 264 с.

7. Кондратков А.А. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / А. А. Кондратков, А. М. Голубев, В. Б. Овандер и др. – М. : Машиностроение, 1986. – 464 с.

8. Марцинковский В.А. Гидродинамика и прочность центробежных насосов / В. А. Марцинковский. – М. : Машиностроение, 1970. – 272 с.

9. Стрілець В.М. Нові конструкції торцевих ущільнень / В. М. Стрілець, І. О. Похильчук // Вісник РДТУ. Збірник наукових праць. – Рівне, 2001. – Випуск 4 (11). – С. 134–140.

10. Стрілець В.М. Нові конструкції торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища / В. М. Стрілець, І. О. Похильчук // Вісник УДУВГП. – Рівне : УДУВГП, 2002. – Вип. 5 (18), ч. 6. – С. 62–70.

11. Похильчук І.О. Нові конструкції торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища із стику пари тертя / І. О. Похильчук, В. М. Стрілець // Матеріали VII міжнародної наук.-практ. конференції „Наука і освіта 2004" т. 71. Будівн. та архітектура, Дніпропетровськ, 10–25 лютого 2004 р. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – С. 64–65.

12. Стрілець В.М. Теоретичне дослідження багатоступінчастих торцевих ущільнень з активним відводом ущільненого середовища / В. М. Стрілець, І. О. Похильчук // Вісник УДУВГП : збірник наукових праць. – Рівне : УДУВГП, 2002. – Вип. 4 (17). – С. 339–348.

Отримана/Received : 22.2.2017 р. Надрукована/Printed :8.6.2017 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Малащенко В. О.