

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

УДК 621.891

¹О. І. Балицький, д-р техн. наук., проф.,

²В. О. Колесніков, канд. техн. наук., доц.,

³Я.Еліаш, д-р техн. наук хабілітований, проф.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ НЕНАВОДНЕНИХ ТА НАВОДНЕНИХ СПЛАВІВ В УМОВАХ ТЕРТЯ КОЧЕННЯ

¹Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,

balitski@ipm.lviv.ua

²Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля,

kolesnikov1976@mail.ru

³Західнопоморський технологічний університет, Щецин, Польща,

eliasz@pro.onet.pl

Досліджено особливості руйнування ненаводнених та наводнених сплавів в умовах тертя кочення.

Вступ. Експлуатація деяких деталей та вузлів тертя може відбуватись в контактi з воденьвмісними середовищами (вода, мастило, змащуючо-охолоджувальні рідини та ін.). Також в умовах тертя відбувається підвищення температури, внаслідок чого можливе створення таких умов, коли водень, що входить до складу повітря, або воденьвмісних середовищ може потрапляти до поверхневих, або підповерхневих шарів матеріалу деталей трибоз'єднання та викликати його руйнування. Серед актуальних наукових задач є визначення, який саме є вплив водню на руйнування матеріалу деталей під час трибо процесів.

Водневе зношування, як один з процесів руйнування поверхонь в умовах тертя був відкритий і вивчався А. А. Поляковим і Д.Н. Гаркуновим починаючи з 1965 року [1; 2]. Д.Н. Гаркунов звернув увагу на крихке руйнування твердого шару загартованої сталі, яка працювала в парі з бронзою. Цей вид руйнування він пояснив тим, що відбувалося розкладання вуглеводневих мастил з виділенням водню, який дифундував в сталь, що і послужило причиною її окрихчування.

Одними з найбільш перспективними водень стійкими (за кімнатних температур і низьких тисків водню) матеріалами є високо-

азотні сталі [3], тому їх експериментальні дослідження представляють практичний інтерес.

Постановка завдання. Метою роботи були дослідження триботехнічних характеристик наводненої сталі в умовах тертя коення. Продукти зношування можуть бути інформативним джерелом, що дозволяють побічно проаналізувати руйнування сплавів. Тому їх дослідженню приділяється значна увага [4].

Матеріали та методика експерименту. Досліджували продукти зношування холоднодеформованих високоазотних марганцевих сталей. Зносостійкість визначали на машині тертя СМТ – 1 (2070). Швидкість ковзання нижнього ролика становила 1480 об/хв, а верхнього – 1240 об/хв (проковзування складало 15 %). Нижній ролик (діаметр 42 мм) виготовлений зі сталі твердістю 56 HRC, аналог сталі 45. Верхній ролик виготовляли з високоазотної сталі: сплав (типу DDT 68 твердістю 45...50 HRC (діаметр 35 мм). Хімічний склад сплаву наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад досліджуваних сталей

Марка	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	N
Сплав типу DDT	0,06	0,52	19,4	17,5	0,13	2,08	0,14	0,97
Сплав контртіла*	0,42-0,5	0,17-0,37	–	0,25	0,25	–	–	–

*S до 0,04%, P до 0,035, Cu до 0,25, As до 0,08.

Лінійна швидкість верхнього ролика складала 2,27 м/с, а нижнього – 3,08 м/с. Випробування проводили в умовах тертя без змащування, навантаження складало 250 – 600 Н.

У мікроструктурі сплавів зафіксовано аустенітну металеву матрицю мікротвердістю 4,2...5,0 ГПа.

Виготовлення високоазотних сталей здійснюється з електродів виплавлених в дуговій печі, які для поліпшення чистоти переплавляються на установці електрошлакового переплаву або в установці електрошлакового переплаву під тиском. Після механічної обробки заготовок зразки піддають дифузійному відпалу, а далі – холодному зміцненню. Потім проводять відпал для зняття напруг та чистова обробка. Холодна пластична деформація для даних зразків може здійснюватись до 60 %.

Наводнювання зразків з високоазотної сталі здійснювали при силі струму $0,5 \text{ A/cm}^2$, у розчині H_2SO_4 .

Металографічні дослідження (в т.ч. продуктів зношування) проводили на мікроскопі Neophot 2 з використанням цифрового фотоапарату Canon EOS 30D. Поверхні тертя знімали на електронному мікроскопі EVO-40XVP із системою мікроаналізу INCA Energy 350.

Результати та їх обговорення. Знос контр тіла, був менший ніж наводненого зразка (рис. 1). Починаючи з 250 Н, кожне подальше підвищення навантаження призводило до значного збільшення інтенсивності зношування наводненого ролика.

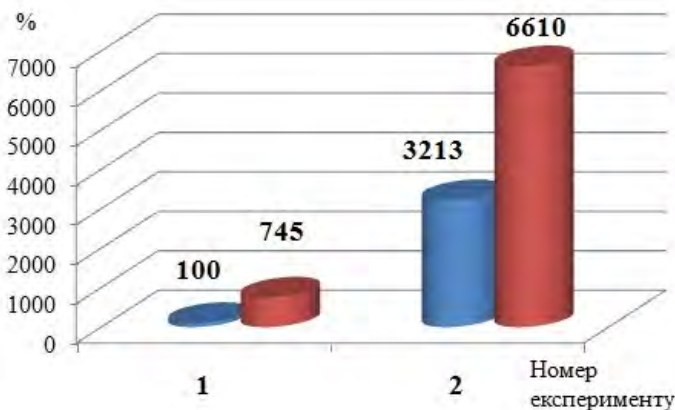


Рис. 1. Узагальнення досліджень в умовах тертя без машення:

■ – сталь з якої виготовлено контр тіло, ■ – сталь типу DDT 68:
1 – навантаження: 500 Н, 2 – 600 Н

Після наводнення сплаву типу DDT 68 інтенсивність зношування зростала більш ніж у 5 разів (при навантаженні 400 Н). При навантаженні 600 Н, для деяких експериментів різниця в зношуванні між наводненим та ненаводненим роликком досягала 10 разів.

У результаті наводнення сплаву змінились властивості поверхневого шару. Мікротвердість поверхневого наводненого шару (яка мала темний колір) складала 7,6...8,2 ГПа, а поверхні, з якої відокремився наводнений шар і яка мала металевий блиск (білий колір на мікроскопі) складала 4,2...4,9 ГПа. Таким, чином в результаті наводнювання поверхня має більшу мікротвердість, але нижчу зносостійкість, що вплинуло на зносостійкість досліджуваних зразків.

Як видно з рис. 2, продукти зношування після випробування зразків до наводнення та після наводнення значно відрізняються за зовнішнім виглядом. Їх розміри відрізняються на порядок. Це може бути свідченням різних процесів руйнування даних сплавів. Розміри продуктів зношування становили 20...30 мкм (при навантаженні $P = 400$ Н), 40...50 мкм ($P = 500$ Н), але були і 100 мкм.

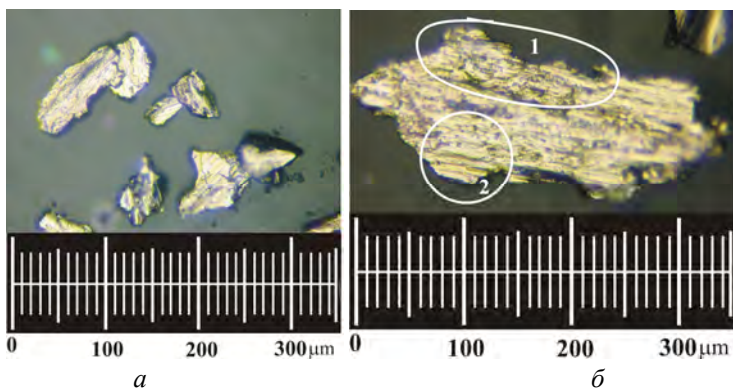


Рис. 2. Продукти зношування: *a* – з ненаводненого зразка; *б* – з наводненого зразка

Після наводнювання сплаву типу DDT68 інтенсивність зношування зростала в 5 разів, а лінійні розміри продуктів зношування склали 350 мкм у довжину, (та 80 ...150 мкм у ширину) при $P = 250$ Н (рис 2, *б*), а при $P = 400$ Н лінійні розміри продуктів зношування були ще більшими – 600...1000 мкм (ширина часток також збільшувалась). На початковому етапі тертя одна сторона частинки зношування гладенька, а інша має сліди виривів (висмикування). На рис. 2, *б* можна вирізнити дві зони на частинках зношування: зона що зазнала значного теплового захоплення – 1 та зона 2, що має ступінчастий характер мікрорельєфу поверхні.

На думку автора [5] при дослідженні водневого зношування слід звернути увагу на теорію внутрішнього тиску, що виникла при спостереженні за утворенням водневих пухирів при введенні в сталь газоподібного водню. Дуже високий тиск газоподібного водню, що утворюється у внутрішніх мікротріщинах і порах, викликає пластичну деформацію або руйнування по площинах спайності і коалесценцію мікротріщин і пор (рис. 3).

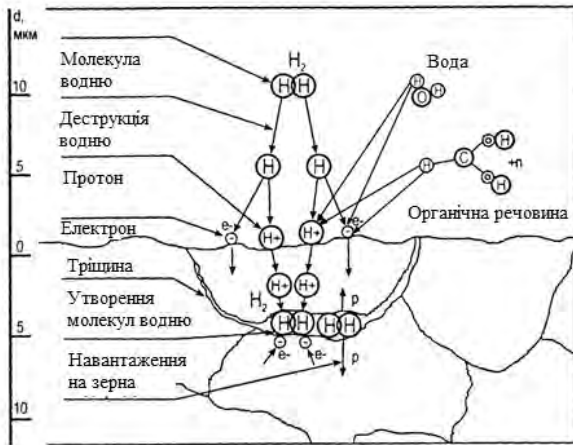


Рис. 3. Механізм водневого зношування поверхні тертя відповідно до теорії внутрішнього тиску [5]

Висновки. Встановлено, що внаслідок наводнення зразків, виготовлених з високоазотної сталі, спостерігається збільшення інтенсивності їх зношування щонайменше у 5 разів. Дослідження продуктів зношування, що утворились в умовах тертя, до наводнення та після, виходячи з зовсім різної морфології та їх розмірів, дають можливість висунути гіпотезу, щодо різного характеру руйнування та відокремлення матеріалу від наводнених сплавів і що, провідну роль відіграє зміна властивостей під поверхневих шарів внаслідок дії водню. Так і безпосередньо вплив самого водню на руйнування досліджуваних сплавів. Принаймні, можливо, що теорія внутрішнього тиску [5], дуже підходить до високо азотних сплавів, тому що ці сталі виготовлені методом електрошлакового переплаву і не повинні мати, серед зерен, різних неметалевих включень (залишку шлаків та таке інше), що можуть бути ініціаторами зародження та поширення тріщин. А від так висока концентрація водню, особливо біля границь зерен та дислокацій, може прискорювати та збільшувати руйнування під поверхневих та поверхневих шарів матеріалу сплавів в умовах тертя.

Список літератури

1. *Защита* от водородного износа в узлах трения / Под.ред. А.А. Полякова. – М.: Машиностроение, 1980. – 133 с.

2. *Гаркунов Д.Н.* Триботехника (износ и безизносность): учебник / Д.Н. Гаркунов. – М.: «МСХА», 2001. – 616 с.

3. *Патент* на корисну модель № України, МПК C22C 38/50. Водневостійка сталь. Балицький О.І., Душар І.Я., Колесніков В.О., Мельніков С.Д. Патентовласник Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка. Заявка № у 2009 08857; Заявлено 25.08.2009. Опубліковано 10.02.2010. Бюл.№ 3, 2010 – 4 с.

4. *Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.O.* Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels // *Materials Science (Springer)*.– 2009, vol. 45, N 4. – P.576–581.

5. *Прозоров Я.С.* Особенности водородного изнашивания деревообрабатывающего оборудования // «Новые материалы и технологии в машиностроении». XIV –я Международная научно-техническая конференция. 10.10.2011 – 10.11.2011, г. Брянск. [Электронный ресурс]. Брянская государственная инженерно-технологическая академия. Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2011/mashin_2011_14/prozorov_osoben.htm.

Балицкий А. И., Колесников В. А., Елиаш Я. **Исследование разрушения ненаводороженных и наводороженных сплавов в условиях трения качения** // Проблемы тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2012. – Вип. 58. – С. 32–37.

Исследованы особенности разрушения ненаводороженных и наводороженных сплавов в условиях трения качения.

Рис. 3, табл. 1, список лит.: 5 наим.

Balitskii O.I., Kolesnikov V.O., Elias J. **Investigation of fracture is non hydrogenated and hydrogenated alloys under conditions of rolling friction**

It has been investigated the fracture character of nonhydrogenated and hydrogenated alloys in rolling friction.

Ключові слова: зносостійкість, наводнення сплавів, високоазотиста сталь, триботехнічні властивості.

Стаття надійшла до редакції 19.10.2012