

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНО – ВТОМНОЇ ПОВЕДІНКИ МАТЕРІАЛІВ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

П.В. Попович, В.О. Дзюра, О.С. Шевчук, Н.Б. Гаврон

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Abstract.

In the article the features of corrosion of steel 20 in water saturated solutions of ammonium sulfate and nitrofosc are investigated. The influence of aggressive media (a solution of ammonium sulfate and nitrofosc) on the resistance to corrosion fatigue of steel 20 has been established at different levels of loading, which leads to corrosion and mechanical destruction of bearing units of machines.

Підвищення вимог до продуктивності машин та механізмів транспортних засобів, які застосовуються, зокрема, в аграрному виробництві пов'язане з забезпеченням надійності їхніх складових. Внаслідок сумісного впливу агресивних середовищ та механічних навантажень, з ладу виходять до 70% механізмів, з яких 20...25% становлять поломки, зумовлені робочими перевантаженнями внаслідок втрати міцності від корозійних пошкоджень. Статистика відмов вказаних транспортних засобів, [12] доводить раціональність точного встановлення причин зниження показників надійності, очевидно, поряд з об'єктивними причинами виробітку ресурсу машинних парків і відсутністю адекватних коштів на ремонт та відновлення, також причинами вказаної ситуації є відношення обслуговуючого персоналу до дотримання технологій зберігання [1, 6-11]. Загальновідомою особливістю експлуатації колісних транспортних засобів, які контактують з добривами (рис. 1), є період роботи, що становить до 50% від сумарного часу, забезпечення роботоздатності обладнання здійснюється на стадії міжопераційного зберігання. З множини причин зниження надійності і відмов техніки, що безпосередньо контактує з добривами, домінуючими є корозія та корозійно-механічне руйнування несучих вузлів машин. Незважаючи на існуючі дослідження впливу процесів корозії і корозійно-втомного руйнування на зниження надійності і довговічності [2, 6-11], не вивчено питання, які потребують поглиблених досліджень: корозії та корозійної втоми в середовищах агресивних добрив, трактування механізмів яких є суперечливим у тому числі з причини відсутності реальних даних щодо корозійної та корозійно-втомної поведінки металевих матеріалів транспортних засобів.

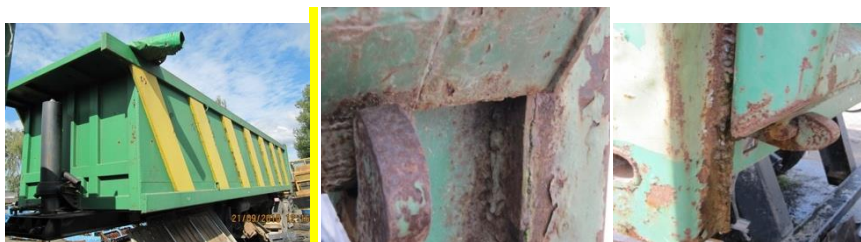


Рис. 1. Причеп, що використовувався для транспортування добрив.

Для пошуку шляхів підвищення довговічності машин даного класу необхідно встановити механізми процесів корозії і корозійно-втомних руйнувань матеріалів металоконструкцій в агресивних середовищах добрив.

Тому, метою роботи було дослідження особливостей процесів корозії сталі 20 (основного конструкційного матеріалу досліджуваних машин) в насичених розчинах сульфату амонію, нітрофоски, гноївки великої рогатої худоби та гноївки змішаної.

Корозійні випробування проводилися на зразках, виготовлених з сталі 20 у вигляді дисків, поверхню яких шліфовано до $Ra = 0,63$ мкм., причому підготовка зразків і

випробування проводились у відповідності до [3]. Корозивним середовищем послуговували: модель дощівки (дистильована вода), органічні добрива (гноївка великої рогатої худоби та гноївка змішана) і насичені водні розчини сульфату амонію і нітрофоски.

Швидкість корозії K_m (г/(см²·год)) визначалася масометричним методом після експозиції 1, 7, 12 та 24 діб в корозивних середовищах за формулою

$$K_m = \Delta m / S \cdot \tau, \quad (1)$$

де Δm – зміна ваги зразка після експозиції в корозивному середовищі та усунення продуктів корозії, г; S – площа зразка, см²; τ – час експозиції, год.

Отримані величини перераховувались на глибинний показник Π (мм/рік)

$$\Pi = \frac{K_m \cdot k}{\gamma} \cdot 10^{-1}, \quad (2)$$

де k – коефіцієнт перерахунку год/рік; γ – густина металу (залізо 7,86 г/см³).

Випробування на багатоциклову корозійну втому проводились на машинах типу ІМА – 5, зразки циліндричні (Ø 5 мм), навантаження – чистий згин з обертанням [4]. Зміна напружень за синусоїдальним законом, цикл симетричний. Напруження в зразку σ розраховувались за відомою формулою

$$\sigma = M / W = 611,465 / d^3 (12P_1 + P_0) \quad (3)$$

де M – момент; W – момент опору робочої частини зразка; d – діаметр зразка; P_0 – вага важільної системи і барабанів, які навантажують зразок; P_1 – навантаження.

Корозивне середовище подавалось з резервуара краплями (10-15 крапель/хв). Криві втоми представлено у напівлогарифмічних координатах.

Перші корозійні пошкодження – окремі пітинги на зразках, поміщених у кристалічний сульфат амонію з'явилися через 24 год і протягом наступних 4 діб злились у виразки. В кристалічній нітрофосці поодинокі пітинги з'явилися через 7 діб (рис. 2). Через 24 доби швидкість корозії сталі 20 в сульфаті амонію стабілізувалась на рівні 0,006 мм/рік, а в нітрофосці – на рівні 0,0012 мм/рік.



Рис. 2. Зразок (сталі 20) після експозиції протягом 24 діб в сульфаті амонію

В першу добу найвищі швидкості корозії сталі 20 спостерігалися в насиченому розчині нітрофоски, проте починаючи з 12-ї доби вони стають нижчими, відносно насиченого розчину сульфату амонію (рис. 3). Дані швидкості в 29–36 разів вищі, ніж швидкості в кристалічних мінеральних добривах сульфату амонію та нітрофоски, що є результатом каталітичного впливу води [5].

Нижчі значення швидкостей корозії в розчині нітрофоски порівняно зі сульфатом амонію та водою при експозиції від 12 діб пов'язані з пасивувальною дією аніонів NO₃⁻ та утворенням фосфатного шару на поверхні сталі іонами HPO₄²⁻.

Корозійними випробуваннями сталі 20 при різному часі експозиції у фільтрованій гноївці встановлено (рис. 4): швидкість корозії протягом першої доби в 3...4 рази нижча, порівняно з моделлю дощівки і у 8...10 разів нижча, в порівнянні з сульфатом амонію та нітрофоскою. Збільшення часу експозиції призводить до суттєвого зменшення швидкості корозії сталі 20, причому через 24 доби швидкості в обох середовищах зрівнюються.

Порівняно із дистильованою водою протягом першої доби обидві гноївки виявляють інгібувальний ефект на рівні 65–75 %, через 24 доби ступінь захисту досягає 96 %. Встановлено, різниця між корозійною активністю обох видів гноївок відсутня.

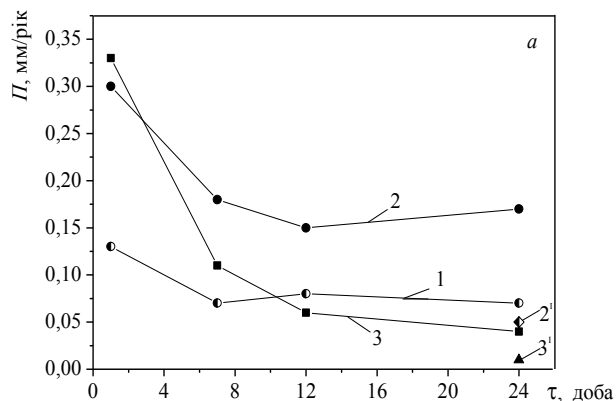


Рис. 3. Залежність глибинного показника корозії (сталь 20) від тривалості експозиції в середовищах: 1 – модель дощівки; 2 – насичений розчин сульфату амонію; 2' – кристалічний сульфат амонію; 3 – насичений розчин нітрофоски; 3' – кристалічна нітрофоска

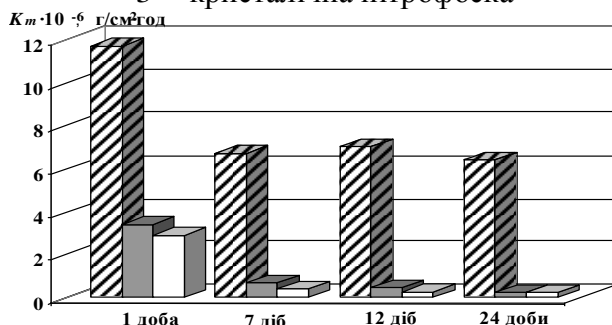


Рис. 4. Залежність швидкості корозії (сталь 20) від тривалості експозиції в середовищах: ■ – модель дощівки; ■ – гноївка великої рогатої худоби; □ – гноївка змішана.

Встановлено, на всьому діапазоні досліджених навантажень опір корозійно-втомному руйнуванню сталі 20 в середовищах мінеральних добрив порівняно з повітрям і моделлю дощівки значно знижується. Умовна границя корозійної втоми, база випробувань $N = 50$ млн. циклів (рис. 5) в розчині сульфату амонію знизилася в 2,2 рази, в розчині нітрофоски в 2,5 рази у порівнянні з σ на повітрі і, відповідно, в 1,9 і 2,2 рази порівняно з дистильованою водою. Найменш негативний вплив на опір сталі 20 корозійній втомі виявила змішана гноївка, умовна границя втоми в якій підвищилася на 8% порівняно з середовищем дощівки, виявивши таким чином властивості інгібітора корозійно-втомного руйнування.

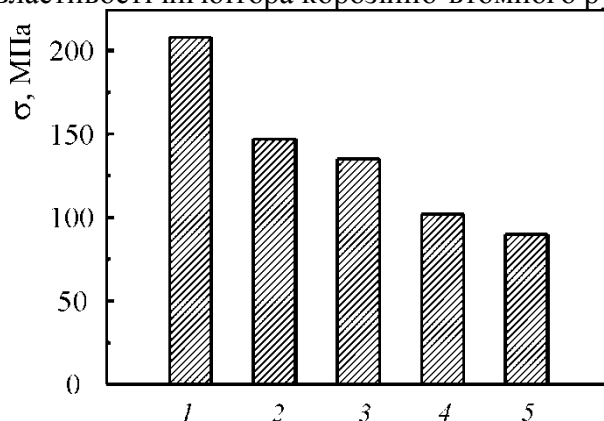


Рис. 5. Залежність границі витривалості (сталь 20) від середовища: 1 – повітря ($N_0 = 10^7$ циклів); 2 – гній ($N_0 = 5 \cdot 10^7$ циклів); 3 – дистильована вода ($N_0 = 5 \cdot 10^7$ циклів); 4 – сульфат амонію ($N_0 = 5 \cdot 10^7$ циклів); 5 – нітрофоска ($N_0 = 5 \cdot 10^7$ циклів).

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що швидкість корозії сталі 20 у водних насичених розчинах сульфату амонію та нітрофоски максимальні протягом першої доби і поступово знижуються з збільшенням тривалості експозиції, що може бути наслідком формування на поверхні сталі захисних шарів пасиваційної, або сольової природи. Насичені розчини мінеральних добрив на відміну від їх кристалічних концентратів спричиняють інтенсивні корозійні пошкодження, швидкості корозії досягають 0,29...0,33 мм/рік, що до 2,5 раз вище порівняно з швидкостями у дистильованій воді.

2. Розчини сульфату амонію и нітрофоски зменшують опір сталі 20 корозійній втомі на всіх рівнях навантаженості. Умовна границя втоми при цьому знижується у порівнянні з повітрям у 2,2 разі (сульфат амонію) і у 2,5 (нітрофоска) раз. Органічні добрива порівняно із дистильованою водою підвищують умовну границю втоми на 8%.

3. Швидкості корозії сталі 20 у середовищах органічних добрив протягом першої доби експозиції становили 0,032...0,040 мм/рік, що у 3...4 рази нижче порівняно із модельним розчином дощової води. Наступне (24 доби) зниження швидкості до 0,003 мм/рік може бути пов'язане із інгібувальними властивостями хімічних складових гноїв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлович Я., Рубець А. Проблеми зберігання сільськогосподарської техніки // Пропозиція. – 2008. – № 12. – С. 90 – 104.
2. Износ деталей сельскохозяйственных машин / М.М.Севернев, Г.П.Каплун, В.А.Короткевич, С.Н. Кот. – Л.: Колос, 1972. – 145 с.
3. Лабораторные работы по коррозии и защите металлов / Н.Д.Томашов, П.Н.Жук, В.А.Титов, М.А.Веденева. – М.: Металлургия, 1971. – 280 с.
4. Упрочнение стали механической обработкой / Карпенко Г.В., Бабей Ю.И., Карпенко И.В., Гутман Э.М. – Киев: Наук. думка, 1966. – 204 с.
5. Popovich P. V. Corrosion and Electrochemical Behaviors of 20 Steel and St.3 Steel in Ammonium Sulfate and Nitrophoska / P. V. Popovich, Z. B. Slobodyan // Materials Science . – 2014. – Vol. 49, 6. – P. 819-826.
6. Popovich P. V. Influence of Organic Fertilizers on the Corrosion-Electrochemical Characteristics of Low-Carbon Steels / P. V. Popovych, L. A. Mahlatyuk, R. B. Kupovych // Materials Science . – 2014. – Vol. 50, 2– P. 284 - 289.
7. Popovich P.V. Influence of Operating Media on the Fatigue Fracture of Steels for Elements of Agricultural Machines / R. A. Barna, P. V. Popovich // Materials Science . – 2014.– Vol. 50, 3. – pp. 377-380. (Scopus).
8. Popovich P.V. The influence of Operating Environments on Fatigue Crack Grown Resistance of Steels for Elements of Agricultural Machines / R. A. Barna, P. V. Popovich, R. I. Vovk // Materials Science . – 2015. – Vol. 50, 4. – pp. 621-625.
9. Popovich P.V. The study of bulk material kinematics in a screw conveyor-mixer / Popovich P.V., Hewko B.M., Diachun A.Y., Lyashuk O.L., Liubachivskiy R.O.// INMATEH - Agricultural Engineering . Sep-Dec2015, Vol. 47 Issue 3, pp.156-163.
10. Popovych. P. V. The service life evaluation of fertilizer spreaders undercarriages / P. V., Popovych; O. L., Lyashuk; I. S., Murovanyi; V. O., Dzyura; O. S., Shevchuk; V. D., Myndyuk // INMATEH - Agricultural Engineering . Sep-Dec 2016, Vol. 50, Issue 3, pp.39-46.
11. Popovych. P. V. Influence of organic operation environment on corrosion properties of metal structure materials of vehicles/ Popovych P.V., Lyashuk O.L., Shevchuk O.S., Tson O.P., Bortnyk I. M., Poberezhna L.Ya.// INMATEH - Agricultural Engineering . 2017, Vol. 52, Issue 2, pp.113-119.
12. Гайдар С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий / Диссерт. докт. техн. наук. – Москва: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – 416с.