

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

В. В. ПАНАСЮК (головний редактор), *В. М. ФЕДІРКО* (заст. головного редактора), *Р. Р. КОКОТ* (відповідальний секретар), *О. Є. АНДРЕЙКІВ*, *С. А. БИЧКОВ*, *І. М. ДМИТРАХ*, *І. М. ЗІНЬ*, *Г. С. КИТ*, *Р. М. КУШНІР*, *Л. М. ЛОБАНОВ*, *З. Т. НАЗАРЧУК*, *Г. М. НИКИФОРЧИН*, *І. В. ОРІНЯК*, *О. П. ОСТАШ*, *В. І. ПОХМУРСЬКИЙ*, *І. К. ПОХОДНЯ*, *М. П. САВРУК*, *З. А. СТОЦЬКО*, *Г. Т. СУЛИМ*, *В. В. ФЕДОРОВ*, *С. О. ФІРСТОВ*, *П. В. ЯСНІЙ*

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Р. АКІД (Великобританія), *С. ВОДОНІЧАРОВ* (Болгарія), *І.-Р. ГАРРІС* (Великобританія), *Г. ГЛІНКА* (Канада), *В. ДІЦЕЛЬ* (Німеччина), *Ю. І. КУЗНЕСЦОВ* (Росія), *О. М. ЛОКОШЕНКО* (Росія), *Е. ЛУНАРСЬКА* (Польща), *С. Й. МАТИСЯК* (Польща), *М. А. МАХУТОВ* (Росія), *І. МІЛЬН* (Великобританія), *М. Ф. МОРОЗОВ* (Росія), *О. НАКОНЕЧНИЙ* (Польща), *А. НЕЙМІЦ* (Польща), *Дж.-Ф. НОТТ* (Великобританія), *Г. ПЛЮВІНАЖ* (Франція), *Я. ПОКЛЮДА* (Чехія), *Р.-О. РІЧІ* (США), *Д.-М.-Р. ТЕПЛІН* (Великобританія), *Л. ТОТ* (Угорщина), *М. ШАПЕР* (Німеччина)

EDITORIAL BOARD

V. V. PANASYUK (Editor-in-Chief), *V. M. FEDIRKO* (Deputy Editor-in-Chief), *R. R. KOKOT* (Secretary), *O. Ye. ANDREIKIV*, *S. A. BYCHKOV*, *I. M. DMYTRAKH*, *V. V. FEDOROV*, *S. O. FIRSTOV*, *H. S. KIT*, *R. M. KUSHNIR*, *L. M. LOBANOV*, *Z. T. NAZARCHUK*, *H. M. NYKYFORCHYN*, *L. V. ORYNIAC*, *O. P. OSTASH*, *V. I. POKHMURSKYI*, *I. K. POKHODNIA*, *M. P. SAVRUK*, *Z. A. STOTSKO*, *H. T. SULYM*, *P. V. YASNII*, *I. M. ZIN'*

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

R. AKID (Great Britain), *W. DIETZEL* (Germany), *I. R. HARRIS* (Great Britain), *H. HLINKA* (Canada), *J. F. KNOTT* (Great Britain), *Yu. I. KUZNETSOV* (Russia); *A. M. LOKOSHCHENKO* (Russia), *E. LUNARSKA* (Poland), *N. A. MAKHUTOV* (Russia), *S. Ya. MATYSIAK* (Poland), *I. MILNE* (Great Britain), *N. F. MOROZOV* (Russia), *A. NAKONECHNY* (Poland), *A. NEIMITZ* (Poland), *G. PLUVINAGE* (France), *Ya. POKLUDA* (Czech Republic), *R. O. RITCHIE* (USA), *M. SCHAPER* (Germany), *D. M. R. TAPLIN* (Great Britain), *L. TOTH* (Hungary), *S. VODENICHAROV* (Bulgaria)

Відповідальний за випуск чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф. В. М. Федірко
Responsible for issue corr.-member NASU, Dr. (Engn.), Prof. V. M. Fedirko

Адреса редакції: 79601, Львів МСП, Наукова, 5. Фізико-механічний інститут
ім. Г. В. Карпенка НАН України. Тел.: (032) 263-73-74,
(032) 229-62-30. Факс: (032) 264-94-27.
E-mail: pcmm@ipm.lviv.ua

WWW-address: <http://www.ipm.lviv.ua/journal/Journal.htm>

Editorial office address: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 5, Naukova St.,
Lviv 79601, Ukraine. Tel.: (380) 322 63 73 74,
(380) 322 29 62 30. Fax: (380) 322 64 94 27.
E-mail: pcmm@ipm.lviv.ua

Відповідальний секретар редакції **Р. Р. Кокот**

Редактори *Д. С. Бриняк*, *О. Т. Досин*, *Л. Є. Єлейко*

Технічний редактор *І. В. Калинюк*

Зав. групою комп'ютерної підготовки видання *І. В. Калинюк*

Комп'ютерний набір *Г. М. Кулик*, *Л. Г. Колчак*

Підписано до друку 17.04.2014. Формат 70×108/16. Папір офсетний №1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.
Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 300 прим. Замовлення 170414 від 17.04.2014. Ціна договірна.

Реєстраційне свідоцтво серія КВ №203 від 10.11.93

Друкарня ТзОВ «Простір-М», 79000, Львів, вул. Чайковського, 27

© ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. Карпенка НАН УКРАЇНИ,
" ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ ", 2014

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. КАРПЕНКА

ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ

Міжнародний науково-технічний журнал
Заснований у січні 1965 року
Виходить 6 разів у рік

ТОМ 50, № 2, 2014

березень – квітень

ЗМІСТ

<i>Панасюк В. В.</i> Концепція декогезивного впливу водню на метали	7
<i>Дмитрах І. М., Лецак Р. Л., Сиротюк А. М., Лутицький О. Л.</i> Вплив об'ємної концентрації водню в металі на особливості деформування низьколегованої трубопровідної сталі	16
<i>Бойко В. М., Гембара О. В.</i> Розрахунок кінетики перерозподілу водню у біметалічних з'єднаннях	24
<i>Саврук М. П., Казберук А.</i> Криволінійні тріщини в анізотропній площині та граничний перехід до виродженого матеріалу	32
<i>Андрейків О. Є., Скальський В. Р., Долінська І. Я., Матвій Ю. Я.</i> Визначення періоду докритичного росту тріщин повзучості за параметрами акустичної емісії	41
<i>Кунь П. С., Штаюра С. Т., Ленковський Т. М.</i> Визначення коефіцієнта інтенсивності напружень для тріщини поперечного зсуву у балковому зразку	50
<i>Банахевич Ю. В., Драгілев А. В., Кичма А. О.</i> Діагностування напружено- деформованого стану багатошарових кільцевих зварних з'єднань трубопроводів	54
<i>Стащук М. Г.</i> Оцінювання допустимих розмірів непроварів стільникових тонкостінних елементів	60
<i>Онишко Л. Й., Сенюк М. М., Біда Н. М.</i> Дія неосесиметричного динамічного навантаження на коловий отвір у пружній нескінченній площині	69
<i>Кривий О. Ф.</i> Міжфазне відшароване включення в кусково-однорідному трансверсально-ізотропному просторі	77
<i>Довбня К. М., Крупко Н. А.</i> Пружна взаємодія отвору та поверхневих радіальних тріщин різної довжини в ізотропній пластині	85
<i>Слободян Б. С., Маланчук Н. І., Мартиняк Р. М., Ляшенко Б. А., Марчук В. Є.</i> Локальне проковзування пружних тіл за наявності газу в міжконтактному зазорі	91
<i>Погрелюк І. М., Федірко В. М., Ткачук О. В., Проскурняк Р. В.</i> Корозійна тривкість титанових сплавів з оксинітридними покриттями в концентрованих неорганічних кислотах	97
<i>Архипов О. Г., Хома М. С., Лифар В. О., Ковальов Д. О.</i> Моніторинг корозійно-механічного руйнування обладнання імпульсно- електрохімічним методом	104

<i>Попович П. В., Маглатюк Л. А., Купович Р. Б.</i> Вплив органічних добрив на корозійно-електрохімічні характеристики маловуглецевих сталей	110
<i>Студент М. М., Шмирко В. В., Клапків М. Д., Лясота І. М., Добровольська Л. Н.</i> Оцінювання механічних властивостей комбінованих металооксидо-керамічних шарів на алюмінієвих сплавах	116
<i>Суберляк О. В., Красінський В. В., Моравський В. В., Герлах Х., Яховіч Т.</i> Вплив алюмосилікатного наповнювача на фізико-механічні властивості поліпропілен-полікапроамідних композитів	122
<i>Мацько І. Й., Яворський І. М., Юзефович Р. М., Масєвські Я.</i> Аналіз вібраційного стану стрижня з тріщиною під дією стохастичних циклічних навантажень	128

До уваги читачів та авторів журналу!

Поштові відділення УДППЗ “Укрпошта” приймають передплату на друге півріччя 2014 року на періодичні друковані видання.

Нагадуємо, що журнал “Фізико-хімічна механіка матеріалів” можна передплатити лише у відділеннях УДППЗ “Укрпошта” за “Каталогом видань України на 2014 рік”.

Передплатні індекси журналу:

- для індивідуальних передплатників – 22574
- для підприємств та організацій – 22575

Передплата завершується 15 червня 2014 року.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. Г. В. КАРПЕНКО

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

Международный научно-технический журнал

Основан в январе 1965 года

Выходит 6 раз в год

ТОМ 50, № 2, 2014

март – апрель

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Панасюк В. В.</i> Концепция декогезионного влияния водорода на металлы.....	7
<i>Дмитрах И. Н., Лецак Р. Л., Сыротюк А. М., Лутицкий А. Л.</i> Влияние объемной концентрации водорода в металле на особенности деформирования низколегированной трубопроводной стали	16
<i>Бойко В. Н., Гембара О. В.</i> Расчет кинетики перераспределения водорода в биметаллических соединениях	24
<i>Саврук М. П., Казберук А.</i> Криволинейные трещины в анизотропной плоскости и граничный переход к вырожденному материалу	32
<i>Андрейкив А. Е., Скальский В. Р., Долинская И. Я., Матвиив Ю. Я.</i> Определение периода докритического роста трещин ползучести по параметрам акустической эмиссии	41
<i>Кунь П. С., Штаюра С. Т., Ленковский Т. М.</i> Определение коэффициента интенсивности напряжений для трещины поперечного сдвига в балочном образце	50
<i>Банахевич Ю. В., Драгилев А. В., Кычма А. А.</i> Диагностирование напряженно-деформированного состояния многослойных кольцевых сварных соединений трубопроводов.....	54
<i>Стащук Н. Г.</i> Оценивание допустимых размеров несплошных элементов тонкостенных элементов	60
<i>Онышко Л. И., Сенюк М. Н., Бида Н. М.</i> Воздействие неосесимметричной динамической нагрузки на круговое отверстие в упругой бесконечной плоскости	69
<i>Кривой А. Ф.</i> Межфазное отслоенное включение в кусочно-однородном трансверсально-изотропном пространстве	77
<i>Довбня Е. Н., Крупко Н. А.</i> Упругое взаимодействие отверстия и поверх- ностных радиальных трещин разной длины в изотропной пластине.....	85
<i>Слободян Б. С., Маланчук Н. И., Мартыняк Р. М., Ляшенко Б. А., Марчук В. Е.</i> Локальное проскальзывание упругих тел при наличии газа в межконтактном зазоре	91
<i>Погрелюк И. Н., Федирко В. Н., Ткачук О. В., Проскурняк Р. В.</i> Коррозионная стойкость титановых сплавов с оксинитридными покрытиями в концентрированных неорганических кислотах.....	97
<i>Архипов А. Г., Хома М. С., Лифар В. А., Ковалев Д. А.</i> Мониторинг коррозионно-механического разрушения оборудования импульсно- электрохимическим методом	104

Попович П. В., Маглатюк Л. А., Купович Р. Б. Влияние органических удобрений на коррозионно-электрохимические характеристики малоуглеродистых сталей	110
Студент М. М., Шмырко В. В., Клапков М. Д., Лясота И. Н., Добровольская Л. Н. Оценка механических свойств комбинированных металлооксидокерамических слоев на алюминиевых сплавах	116
Суберляк О. В., Красинский В. В., Моравский В. В., Герлах Х., Яхович Т. Влияние алюмосиликатного наполнителя на физико-механические свойства полипропилен-поликапроамидных композитов	122
Мацько И. И., Яворский И. Н., Юзефович Р. М., Маевски Я. Анализ вибрационного состояния стержня с трещиной под воздействием стохастических циклических нагружений	128

ДО УВАГИ АВТОРІВ

ДО "Українське агентство з авторських та суміжних прав" знаходиться за адресою:
01030 м. Київ, вул. Б.Хмельницького, 41а, офіс 1; 2; 3.

Телефони: (044) 234-22-38 приймальня; (044) 234-06-79 відділ обліку авторів
(044) 235-62-28 бухгалтерія Факс: (044) 288-29-90

Нагадуємо авторам про необхідність своєчасно подавати заяви на отримання авторської винагороди (факс: (044) 288-29-90). Станом на 15.04.2014 р. здійснюється виплата за публікації у 2009–2011 рр.

ДОВІДКА-ЗАЯВА АВТОРА

1. Прізвище, ім'я, по батькові _____
(українською мовою)

П.І.Б. _____
(російською мовою)

2. Серія, номер паспорта, де, коли та ким виданий _____

3. Ідентифікаційний код _____

4. Домашня адреса (обов'язково вказати поштовий індекс та район міста) _____

5. Телефон: службовий _____ домашній _____

6. Мої статті опубліковані в журналі _____
у _____ році

№ _____ стор. _____ № _____ стор. _____

7. Належну мені суму гонорару прошу виплатити (з нижче наведених вибрати потрібний варіант):

I. в доларах США через Укресімбанк:
м. _____ вул. _____ № розрахункового рахунку _____

II. в гривнях за курсом НБУ на день виплати через:

а) банк: (вказати назву банку) _____

ЄДРПОУ _____, МФО _____, р/р банку _____

особистий рахунок в банку _____

б) ощадний банк: місто _____, код ощад. банку _____

ЄДРПОУ _____, МФО _____ р/р ощад. банку _____

р/р автора _____

в) пошту: _____

г) касу ДП «УААСП»: _____

“ _____ ” _____ року _____
(дата заповнення) (підпис автора)

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
H. V. KARPENKO PHYSICO-MECHANICAL INSTITUTE

PHYSICO-CHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

International Scientific-Technical Journal
Founded in January 1965
Published bimonthly

VOLUME 50, № 2, 2014

March – April

CONTENTS

<i>Panasyuk V. V.</i> Concept of decohesion hydrogen effect on metals.....	7
<i>Dmytrakh I. M., Leschak R. L., Syrotyuk A. M., and Lutytskyy O. L.</i> The influence of bulk hydrogen concentration in metal on peculiarities of low-alloyed pipeline steel deformation.....	16
<i>Boiko V. M. and Hembara O. V.</i> Calculation of hydrogen redistribution kinetics in bi-metal joints	24
<i>Savruk M. P. and Kazberuk A.</i> Curvilinear cracks in an anisotropic plane and boundary transition to a degenerated material.....	32
<i>Andreikiv O. Ye., Skalskyi V. R., Dolinska I. Ya., and Matviiv Yu. Ya.</i> Determination of the period of subcritical creep crack growth by acoustic emission parameters.....	41
<i>Kun P. S., Shtayura S. T., and Lenkovskyy T. M.</i> Evaluation of the stress intensity factor for transverse shear cracks in a beam specimen.....	50
<i>Banakhevykh Yu. V., Dragiliev A. V., and Kychma A. O.</i> Diagnostics of the stress-strain state of multi-layer ring welded joints of pipelines.....	54
<i>Stashchuk M. H.</i> Evaluation of the admissible sizes of faulty fusions of thin-walled cell elements	60
<i>Onyshko L. Yo., Senyuk M. M., and Bida N. M.</i> Action of nonaxisymmetrical dynamic loading on the circumferential hole in an elastic infinite plane.....	69
<i>Kryvyy O. F.</i> The interface laminated inclusion in a piece-wise non-uniform transversally isotropic space	77
<i>Dovbnya K. M. and Krupko N. A.</i> Elastic interaction of a hole and four surface cracks of different length in an isotropic plate.....	85
<i>Slobodian B. S., Malanchuk N. I., Martynyak R. M., Liashenko B. A., and Marchuk V. Ye.</i> Local slip of elastic bodies in the presence of gas in the intercontact gap.....	91
<i>Pohrelyuk I. M., Fedirko V. M., Tkachuk O. V., and Proskurnyak R. V.</i> Corrosion resistance of titanium alloys with oxynitride coatings in concentrated inorganic acids.....	97
<i>Arkipov O. H., Khoma M. S., Lyfar V. O., and Kovalyov D. O.</i> Monitoring of corrosion-mechanical fracture of equipment using the pulse- electrochemical method	104
<i>Popovych P. V., Mahlatyuk L. A., and Kupovych R. B.</i> The influence of organic manures on corrosion-electrochemical characteristics of low-carbon steels.....	110

<i>Student M. M., Shmyrko V. V., Klapkiv M. D., Lyasota I. M., and Dobrovolska L. N.</i> Assessment of the mechanical properties of combined metal oxide ceramic layers on aluminum alloys	116
<i>Suberlyak O. V., Krasinskyi V. V., Moravskiy V. V., Gerlach H., and Jachowicz T.</i> The effect of aluminosilicate filler on the physico-mechanical characteristics of polypropylene-polycaproamide composites	122
<i>Matsko I. Yo., Javorskyj I. M., Yuzefovych R. M., and Majewski J.</i> Analysis of vibration state of a cracked beam under stochastic cyclic loadings	128

УДК 620.197.3

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ НА КОРОЗІЙНО-ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

П. В. ПОПОВИЧ¹, Л. А. МАГЛАТЮК², Р. Б. КУПОВИЧ²

¹ Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя;

² Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

Виявлено, що середовище рідкого та змішаного гною має низьку корозійну активність стосовно сталей 20 та Ст.3. Спостережувані незначні локальні корозійні пошкоди зумовлені налипанням завислих частинок (солома, насіння тощо). Швидкість корозії цих сталей за першу добу експозиції у відфільтрованому гної становить лише 0,032...0,040 mm/year, що в 3–4 рази нижче порівняно із модельним розчином дощової води. Подальше зниження швидкості до 0,003 mm/year може бути пов'язане з інгібувальними властивостями хімічних складників гною. Корозія сталей 20 та Ст.3 в обох видах гною протікає за електрохімічним механізмом. Стационарні потенціали обох сталей в цих середовищах, порівняно із дистильованою водою, зміщені в область від'ємніших значень, а струми корозії в 4–5 разів нижчі. Константи Тафеля вищі, ніж у дистильованій воді, що свідчить про утруднення обох електродних реакцій порівняно із модельним середовищем.

Ключові слова: органічні добрива, швидкість корозії, глибинний показник, стаціонарний потенціал, струм корозії, катодна та анодна реакції, поляризація.

Надійність експлуатації сільгосптехніки, яку використовують для внесення в ґрунти органічних добрив, залежить від її безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та здатності зберігати ці характеристики. Відомо, що для сільгоспмашин неробочий період сягає 80% всього часу [1]. Тому роботоздатність машинного парку підтримують під час міжсезонного зберігання відкритим чи закритим способом, ефективність якого залежить, перш за все, від якісного очищення обладнання від залишків органічних добрив і ґрунту та відповідної консервації. Недотримання цих умов спричиняє появу корозійних пошкод. Швидкість корозії обладнання, виготовленого із мало- чи середньовуглецевих сталей, залежить від агресивності середовища, тривалості контакту, температури, стану металу та захисних покриттів, якості зварних швів та болтових з'єднань. На окремих вузлах розкидачів органічних добрив спостерігали точкову, щілинну, контактну корозію, корозійне розтріскування, фретинг-корозію [2]. І хоча втрати металу при цьому можуть бути незначними, але найчастіше вони виявляються на відповідальних з'єднаннях деталей, від яких залежить роботоздатність машин у цілому. З органічних добрив найбільш корозійно-активними є торф'янисті компости, найменш агресивними – низовинні та верхові торфи і гній на основі екскрементів корів. Вода при цьому виступає своєрідним каталізатором корозійних процесів.

В робочий період особливо небезпечним є одночасна дія корозивного середовища та механічних напружень, зокрема, під час завантаження та вивантаження добрив, термін служби обладнання тоді може скоротитись на 40...60%. Забезпечення надійної консервації машинного парку в міжсезонний період та зведення до мінімуму відмов обладнання під час експлуатації вимагає достовірних даних

Контактна особа: Л. А. МАГЛАТЮК, e-mail: maglatyuk@ipm.lviv.ua

про корозійну тривкість вуглецевих сталей у середовищі органічних добрив і розуміння механізму електрохімічної корозії у їхніх водних розчинах.

Мета роботи – вивчити вплив часу експозиції на швидкість корозії сталей 20 і Ст.3 та їхні електрохімічні характеристики в розчинах гною великої рогатої худоби та змішаного гною.

Матеріали та методи. Корозійні випробування здійснювали на зразках зі сталей 20 та Ст.3 у стані постачання, виготовлених у вигляді дисків діаметром 20 mm, з поверхнею шліфованою до шорсткості $R_a = 0,63 \mu\text{m}$. Знежирені зразки зважували на аналітичній вазі з точністю $\pm 0,0004 \text{ g}$ та зберігали в ексикаторі не більше 24 h.

Корозивним середовищем слугували органічні добрива: рідкий гній великої рогатої худоби та гній змішаний, основний склад яких наведений в табл. 1, та дистильована вода, як модель конденсату або дощівки. Перед початком випробувань рідкий гній та змішаний фільтрували через паперовий фільтр для усунення диспергованих компонентів.

Таблиця 1. Вміст основних біогенних речовин

Елементи Середовище	H ₂ O	N загальн.	N білков.	N аміачн.	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃
	mass. %								
Рідкий гній великої рогатої худоби	86,7	0,38	–	–	0,12	0,22	0,25	–	–
Гній змішаний	75,0	0,50	0,31	0,15	0,25	0,60	0,35	0,15	0,10

Перед початком корозійних експериментів та після їх закінчення вимірювали рН розчинів рН-метром И-160М. Швидкість корозії K_m (g/(cm²·h)) визначали масометричним методом після експозиції впродовж 1, 7, 12 та 24 days за природної аерації та після усунення продуктів корозії [3]. Розраховували її за відомими формулами [4].

Ступінь захисту сталі від корозії Z (%) обчислювали за формулою

$$Z = K_m - K_i / K_m \cdot 100\%, \quad (1)$$

де K_m та K_i – швидкості корозії сталі в дистильованій воді та середовищах гною, відповідно.

Полярizaційні дослідження здійснювали потенціостатом IP-Pro з програмним забезпеченням. Робочим електродом слугували зразки зі сталей 20 та Ст.3, запресовані у фторопласт із площею робочої поверхні 0,0628 cm². Перед кожним вимірюванням зразок зачищали на шліфпапері № 0, промивали ацетоном та висушували. Електрод порівняння – насичений хлоридсрібний, допоміжний – платиновий. Швидкість розгортки становила 1 mV/s. Струм корозії, константи Тафеля катодної та анодної реакцій визначали з прямолінійних ділянок поляризаційних кривих.

Перераховували струмові показники швидкості корозії на масові за формулою

$$K = ikA/nF, \quad (2)$$

де i – струм корозії, A/cm²; k – коефіцієнт ($k = 1$, якщо час випробувань виражений у секундах, а площа – в cm²); A – атомна маса металу (для заліза та сталі $A = 56$); n – ступінь окиснення металу (для заліза 2 або 3); F – стала Фарадея [5].

Результати та обговорення. Хімічний аналіз складу рідкого гною великої рогатої худоби та змішаного виявив сполуки, що містять азот (табл. 1). Саме такі сполуки часто мають властивості інгібіторів корозії. Корозійні випробування сталей 20 та Ст.3 за різного часу експозиції показали таке (рис. 1а, б). Швидкість корозії обох сталей впродовж першої доби в 3–4 рази нижча, ніж у дистильованій воді та у 8–10 разів нижча, ніж у середовищі мінеральних добрив амонію фосфату та нітрофоски [6].

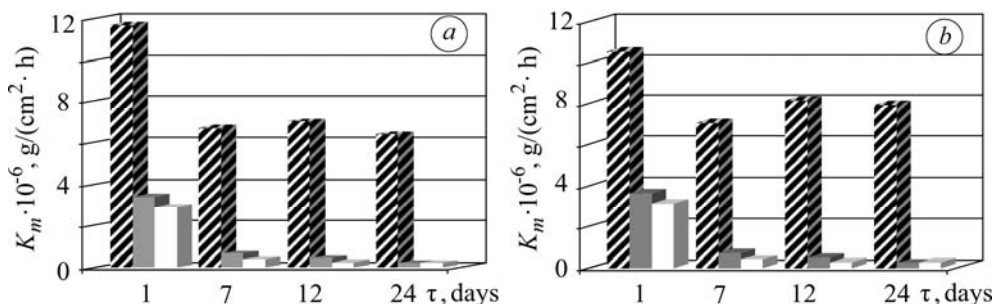


Рис. 1. Швидкість корозії сталей 20 (а) та Ст.3 (б) за різного часу експозиції в середовищах H₂O (▨); рідкого гною (■) та змішаного (□).

Fig. 1. Corrosion rate of 20 (a) and Ст.3 (b) steels for different exposition time in media H₂O (▨); liquid manure (■) and mixed (□).

Сталь Ст.3 кородує дещо швидше, ніж сталь 20. Збільшення часу експозиції призводить до суттєвого зменшення швидкості корозії і через 24 days швидкості корозії сталей 20 та Ст.3 в обох середовищах зрівнюються. По суті впродовж першої доби рідкий та змішаний гній порівняно із дистильованою водою виявляють інгібувальний ефект на рівні 65...75%. Через 24 days ступінь захисту сягає вже 96%. Різниця між корозійною активністю обох видів гною практично відсутня. Поодинокі локальні корозійні пошкодження, які спостерігали на сталі після експозиції в нефільтрованому гної, є результатом утворення гальванічних пар внаслідок налипання на поверхню диспергованих твердих залишків соломи, насіння тощо.



Рис. 2. Загальний вигляд зразка сталі 20 після 24 days експозиції в гної великої рогатої худоби.

Fig. 2. Overall view of steel 20 specimen after a 24 days exposition in the cattle manure.

На поверхні зразків сталей після випробувань у середовищі обох видів органічних добрив упродовж першої доби виявлені лише поодинокі зміни у вигляді кольорів мінливості, що відповідають товщині оксидної плівки порядку 460...680 Å. Після подальших випробувань (7...24 days) кольори мінливості зникають, поверхня стає чистою, блискучою, без видимих змін (рис. 2).

До початку корозійних випробувань рН розчинів гною рідкого та змішаного становив 7,45...7,50. Після експозиції сталей в цих середовищах упродовж 24 days рН зросло до 8,0...8,2.

Потенціали корозії сталей 20 та Ст.3 у середовищах обох видів гною встановлюються впродовж 15...20 min і порівняно із дистильованою водою зсунуті в бік від'ємніших значень (рис. 3). Характер поляризаційних кривих на зразках обох сталей подібний (рис. 4).

Катодні криві сталі 20 різняться між собою областю та значеннями граничних дифузійних струмів: у рідкому гної в діапазоні потенціалів $-630...-920$ mV граничний дифузійний струм становить $7 \cdot 10^{-2}$ mA/cm², а в змішаному (в діапазоні $-510...-810$ mV) – $3 \cdot 10^{-2}$ mA/cm². Катодні криві сталі Ст.3 в обох органічних добривах відрізняються лише діапазоном потенціалів граничного дифузійного струму: $-680...-1100$ mV у рідкому гної та $-580...-1100$ mV – у змішаному. Граничний дифузійний струм є дещо вищий, ніж на сталі 20 і становить відповідно $9 \cdot 10^{-2}$ mA/cm² та $7 \cdot 10^{-2}$ mA/cm².

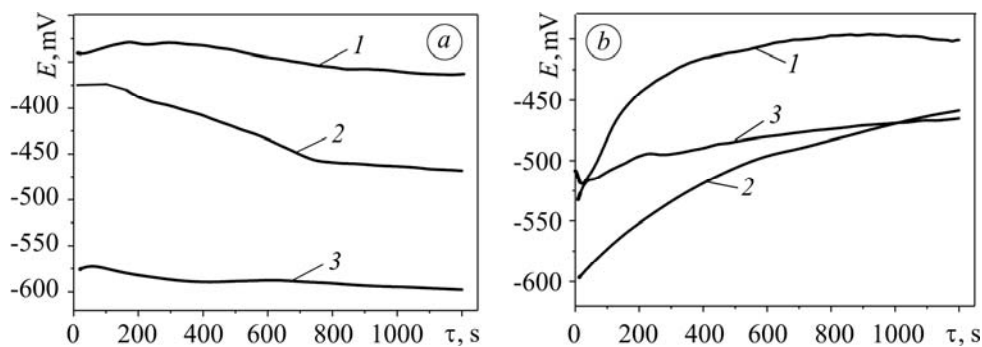


Рис. 3. Характер встановлення стаціонарного потенціалу сталей 20 (a) та Ст.3 (b):
1 – дистильована вода; 2 – рідкий гній; 3 – змішаний.

Fig. 3. Behavior of the stationary potential of 20 (a) and Ст.3 (b) steels:
1 – distilled water; 2 – liquid manure; 3 – mixed manure.

Анодні криві на обох сталях мають невелику ділянку, яку можна пов'язати із гальмуванням анодної реакції: у рідкому гної $-480...-530$ mV (сталь 20), $-480...-540$ mV (сталь Ст.3) та у змішаному $-250...-320$ mV (сталь 20), $-350...-420$ mV (сталь Ст.3). Чітко простежують і область гальмування анодної реакції в обох середовищах за зсуву потенціалу від -250 mV у бік менш від'ємних потенціалів за високих значень струмів (біля 10 mA/cm²).

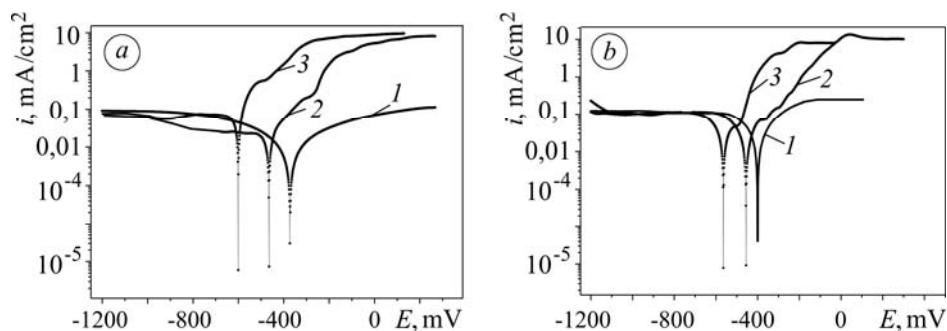


Рис. 4. Поляризаційні криві сталей 20 (a) та Ст.3 (b):
1 – дистильована вода; 2 – гній змішаний; 3 – рідкий.

Fig. 4. Polarizative curves of 20 (a) and Ст.3 (b) steels:
1 – distilled water; 2 – mixed manure; 3 – liquid.

Струми корозії обох сталей у рідкому та змішаному гноях у 4–5 разів нижчі, ніж у дистильованій воді (табл. 2). Ці миттєві значення струмових показників швидкостей корозії, перераховані за формулою (2), задовільно узгоджуються із швидкостями, отриманими масометрично за першу добу (табл. 3). Низька корозійна активність обох видів гною підтверджується і аналізом тафелівських ділянок поляризаційних кривих. Константи Тафеля катодних та анодних реакцій ста-

лей 20 і Ст.3 у цих середовищах вищі, ніж відповідні константи у дистильованій воді (табл. 2). Це вказує на більше гальмування обох електродних реакцій в середовищах гною порівняно з електродними реакціями у воді, наслідком чого і є низькі швидкості електрохімічної корозії.

Таблиця 2. Електрохімічні характеристики сталей 20 та Ст.3 у розчинах органічних добрив

Середовище	Сталь 20				Ст.3			
	$-E_{st}$, mV	$i_{corr} \cdot 10^5$, A/cm ²	b_c	b_a	$-E_{st}$, mV	$i_{corr} \cdot 10^5$, A/cm ²	b_c	b_a
			mV				mV	
Рідкий гній великої рога-тої худоби	610	0,7	33,3	30,0	590	0,9	30,2	28,1
Гній змішаний	460	0,6	38,5	32,1	450	0,8	35,0	27,9
Вода дистильована	372	3,0	25,0	22,3	401	4,1	21,3	18,3

Таблиця 3. Зіставлення швидкостей корозії сталей 20 та Ст.3, отриманих гравіметрично (K_m), електрохімічно (i_{corr}) та перерахованих зі струмових показників (K_i), у середовищі органічних добрив

Середовище	H ₂ O _{dist.}			Рідкий гній			Гній змішаний		
	$K_m \cdot 10^9$, g/(cm ² ·s)	$i_{corr} \cdot 10^5$, A/cm ²	$K_i \cdot 10^9$, cm ² ·s	$K_m \cdot 10^9$, g/(cm ² ·s)	$i_{corr} \cdot 10^5$, A/cm ²	$K_i \cdot 10^9$, cm ² ·s	$K_m \cdot 10^9$, g/(cm ² ·s)	$i_{corr} \cdot 10^5$, A/cm ²	$K_i \cdot 10^9$, cm ² ·s
Сталь 20	3,25	3,0	5,8	0,94	0,7	1,4	0,8	0,6	1,2
Ст.3	3,5	4,1	7,8	1,1	0,9	1,7	0,9	0,8	1,5

Таким чином, рідкий гній та змішаний виявляють незначну корозійну агресивність стосовно сталей 20 та Ст.3. Корозія в цих середовищах протікає за електрохімічним механізмом зі швидкостями значно нижчими, ніж у дистильованій воді (моделі дистилату чи дощівки) за природної аерації.

ВИСНОВКИ

Виявлено, що корозія сталей 20 та Ст.3 у рідкому гної та змішаному має локальний характер, зумовлений формуванням поодиноких гальванічних пар, що є наслідком налипання завислих твердих частинок (соломи, насіння тощо).

Показано, що після відфільтрування завислих частинок обидва середовища виявляють низьку корозійну активність стосовно сталей 20 та Ст.3. Швидкість корозії цих сталей за першу добу експозиції становить лише 0,032...0,040 mm/year, що є в 3–4 рази нижчим порівняно із дистильованою водою. Подальше зниження швидкості до 0,003 mm/year може бути пов'язане із інгібувальними властивостями хімічних складників гною.

Встановлено, що корозія сталей 20 та Ст.3 в обох видах гною протікає за електрохімічним механізмом, про що свідчить задовільне узгодження струмових показників швидкостей із відповідними масометричними. Стаціонарні потенціали обох сталей в цих середовищах, порівняно із дистильованою водою, зміщені в область від'ємніших значень, а струми корозії в 4–5 разів нижчі. Константи Тафеля для обох сталей вищі, ніж у дистильованій воді, що свідчить про утруднення обох електродних реакцій.

РЕЗЮМЕ. Выявлено, что среда жидкого и смешанного навоза оказывает слабое коррозионное воздействие на стали 20 и Ст.3. Наблюдаемые незначительные локальные коррозионные повреждения вызваны налипанием взвешенных частиц (солома, семена и др.). Скорость коррозии этих сталей в профильтрованном навозе после первых суток экспозиции составляет лишь 0,032...0,040 mm/year, что в 3–4 раза ниже, чем в модельном растворе дождевой воды. Последующее снижение скорости до 0,003 mm/year может быть связано с ингибирующими свойствами химических составляющих навоза. Коррозия сталей 20 и Ст.3 в обоих видах навоза протекает по электрохимическому механизму. Стационарные потенциалы этих сталей в данных средах по сравнению с дистиллированной водой смещены в сторону более отрицательных значений, а токи коррозии в 4–5 раз ниже. Константы Тафеля для этих сталей более высокие, чем в дистиллированной воде, что указывает на затруднение обеих электродных реакций.

SUMMARY. It was established that media of the liquid and mixed manure had a weak corrosion effect on steel 20 and Ст.3. The insignificant corrosion damages were observed to be caused by the adhesive suspended particles (straw, seeds and others). Corrosion rate of those steels in the filtered manure after the first day of exposition is only 0.032...0.040 mm/year, that is in 3–4 times lower than in the model solution of rainy water. Next reduction of the rate to 0.003 mm/year can be connected with inhibiting properties of manure chemical components. Corrosion of 20 and Ст.3 steels in two kinds of manure runs by the electrochemical mechanism. Stationary potentials of those steels in the present media in comparison with distilled water shift to more negative values, corrosion currents are in 4–5 times lower. The Tafel constants of those steels are higher than in distilled water, thus indicating complication of both electrode reactions.

1. Михайлович Я., Рубець А. Проблема зберігання сільськогосподарської техніки // Пропозиція. – 2008. – № 12. – С. 90–104.
2. Макаренко М. Пітинг та інші загрози міжсезоння // Агробізнес сьогодні. – 2012. – № 22. – 246 с.
3. Лабораторные работы по коррозии и защите металлов / Н. Д. Томашов, П. Н. Жук, В. А. Титов, М. А. Веденеева. – М.: Металлургия, 1971. – 280 с.
4. Розенфельд И. Л., Жигалова К. А. Ускоренные методы коррозионных испытаний металлов. – М.: Металлургия, 1966. – 346 с.
5. Улиг Г. Г. Коррозия металлов. – М.: Металлургия, 1968. – 306 с.
6. Попович П. В., Слободян З. В. Корозійна і електрохімічна поведінка сталей 20 та Ст.3 у середовищі сульфату амонію і нітрофоски // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2013. – 49, № 6. – С. 100–106.

Одержано 30.09.2013