

ISSN 0430-6252

ФІЗИКО-
ХІМІЧНА
МЕХАНІКА
МАТЕРІАЛІВ



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ
PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

1-2015

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

ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

Міжнародний науково-технічний журнал
Заснований у січні 1965 року
Виходить 6 разів у рік
том 51, № 1, 2015
січень – лютий
ЛЬВІВ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

В. В. ПАНАСЮК (головний редактор), *В. М. ФЕДІРКО* (заст. головного редактора), *Р. Р. КОКОТ* (відповідальний секретар), *О. Є. АНДРЕЙКІВ*, *С. А. БИЧКОВ*, *Р. Є. ГЛАДИШЕВСЬКИЙ*, *І. М. ДМИТРАХ*, *І. Ю. ЗАВАЛІЙ*, *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*, *О. В. РЕШЕТНЯК*, *М. П. САВРУК*, *З. А. СТОЦЬКО*, *О. В. СУБЕРЛЯК*, *Г. Т. СУЛИМ*, *В. В. ФЕДОРОВ*, *С. О. ФІРСТОВ*, *М. С. ХОМА*, *П. В. ЯСНІЙ*

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Р. АКІД (Великобританія), *С. ВОДЕНІЧАРОВ* (Болгарія), *І.-Р. ГАППІС* (Великобританія), *Г. ГЛІНКА* (Канада), *В. ДІЦЕЛЬ* (Німеччина), *О. М. ЛОКОЩЕНКО* (Росія), *Е. ЛУНАРСЬКА* (Польща), *М. А. МАХУТОВ* (Росія), *М. Ф. МОРОЗОВ* (Росія), *А. НЕЙМІЦ* (Польща), *Дж.-Ф. НОТТ* (Великобританія), *Г. ПЛЮВІНАЖ* (Франція), *Я. ПОКЛЮДА* (Чехія), *Р.-О. РІЧІ* (США), *Д.-М.-Р. ТЕПЛИН* (Великобританія), *Л. ТОТ* (Угорщина), *Є. ТОРІБІО* (Іспанія)

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*, *R. Ye. GLADYSHEVSKII*, *M. S. KHOMA*, *H. S. KIT*, *R. M. KUSHNIR*, *L. M. LOBANOV*, *Z. T. NAZARCHUK*, *H. M. NYKYFORCHYN*, *I. V. ORYNIAK*, *O. P. OSTASH*, *V. I. POKHMURSKYI*, *I. K. POKHODNIA*, *O. V. RESHETNYAK*, *M. P. SAVRUK*, *Z. A. STOTSKO*, *O. V. SUBERLYAK*, *H. T. SULYM*, *P. V. YASNII*, *I. Yu. ZAVALIY*, *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), *A. M. LOKOSHCHENKO* (Russia), *E. LUNARSKA* (Poland), *N. A. MAKHUTOV* (Russia), *N. F. MOROZOV* (Russia), *A. NEIMITZ* (Poland), *G. PLUVINAGE* (France), *Ya. POKLUDA* (Czech Republic), *R. O. RITCHIE* (USA), *D. M. R. TAPLIN* (Great Britain), *J. TORIBIO* (Spain), *L. TÓTH* (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: pcmmm@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: pcmmm@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 *Л. Г. Копчак*, *Г. М. Кулик*

Підписано до друку 04.03.2015. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.

Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 200 прим. Замовлення 100315 від 10.03.2015. Ціна договірна.

Реєстраційне свідоцтво серія КВ №203 від 10.11.93

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

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| <i>Василів Б. Д., Подгурська В. Я., Бродніковський С. М.</i> Оптимізація фізико-механічних властивостей матеріалу анодів паливних комірок | 7 |
| <i>Крижанівський С. І., Грабовський Р. С., Федорович І. Я., Барна Р. А.</i> Оцінювання кінетики руйнування елементів експлуатованого газопроводу | 13 |
| <i>Булик І. І., Бурховецький В. В., Борух І. В.</i> Вплив легування цирконієм на структурно-фазовий стан сплавів на основі $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{V}$ | 20 |
| <i>Ориняк І. В., Заразовський М. М., Богдан А. В.</i> Метод визначення критичної температури крихкості з урахуванням розкиду експериментальних даних про ударну в'язкість | 26 |
| <i>Баглюк Г. А., Апінінська Л. М., Вергелес Н. М., Уськова Н. О., Бездорожєв О. В.</i> Особливості формування зносотривких покривів з карбїду титану методом електрофоретичного осадження | 37 |
| <i>Букетов А. В., Скирденко В. О.</i> Дослідження впливу мікродисперсних наповнювачів на фізико-механічні властивості епоксикомпозитів | 43 |
| <i>Павленко Д. В., Овчинников О. В.</i> Вплив деформування методом гвинтової екструзії на структуру та властивості сплаву ВТ1-0 в різних станах | 50 |
| <i>Куцевська Н. Ф., Шахнін Д. Б., Малишев В. В.</i> Створення нанокомпозитів феромагнетиків. І. Хімічний синтез солей металів Fe–Co–Ni | 58 |
| <i>Агравал Н. К., Агарвал Р., Кумар Г. А., Віджай Й. К., Свамі К. С.</i> Поверхнева модифікація полімерних композицій методом обробки тліючим розрядом плазми | 64 |
| <i>Андрейків О. Є., Добровольська Л. Н., Яворська Н. В.</i> Розрахункова модель поширення тріщин у біметалевих матеріалах за високих концентрацій та температур водню | 71 |
| <i>Стащук М. Г., Дорош М. І.</i> Розрахунок потенціальної енергії та геометричних розмірів дислокаційної тріщини | 80 |
| <i>Мірсалімов В. М., Мустафаєв А. Б.</i> Розв'язок задачі про часткове контактування берегів щілини змінної ширини під дією температурного поля | 86 |
| <i>Іваницький Я. Л., Гембара О. В., Чепіль О. Я.</i> Оцінювання довговічності елементів енергетичного обладнання з урахуванням впливу експлуатаційного середовища | 93 |
| <i>Похмурська Г. В., Клапків М. Д., Посувайло В. М., Студент М. М., Мюкліх С., Оздемір І.</i> Електрохімічні властивості ПЕО-покривів на магнієвому сплаві AZ31, виготовленому за різними технологіями | 102 |
| <i>Скачков В. О., Бережна О. Р.</i> Особливості поширення тріщин в умовах статичного і малоциклового навантажень | 108 |
| <i>Пустовой В. М., Реценко І. О., Звірко О. І.</i> Вплив тривалого циклічного деформування на електрохімічну поведінку сталей морських порталних кранів | 111 |
| <i>Хабурський Я. М.</i> Протикорозійні властивості екстрактів рослинної сировини в розчині соляної кислоти | 116 |
| <i>Скальський В. Р., Почапський Є. П., Клим Б. П., Сімакович О. Г.</i> Розташування джерел акустичної емісії на тонкостінних об'єктах сферичної форми | 122 |

У НАУКОВИХ КОЛАХ

| | |
|---|-----|
| <i>Рицар Д. І.</i> захист дисертацій | 130 |
| <i>Стащук М. Г.</i> Науковий семінар “Проблеми механіки крихкого руйнування” | 132 |
| <i>Веселівська Г. Г.</i> Науковий семінар “Корозія. Захист металів від корозії” | 135 |
| <i>Лук'яненко О. Г.</i> Науковий семінар “Проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів” | 138 |
| <i>Габетта Дж.</i> Розтріскування за впливу середовища та водневе окрихчування | 143 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| <i>Васильев Б. Д., Подгурская В. Я., Бродниковский Е. Н.</i> Оптимизация физико-механических свойств материала анодов топливных ячеек..... | 7 |
| <i>Крыжановский Е. И., Грабовский Р. С., Федорович И. Я., Барна Р. А.</i> Оценивание кинетики разрушения элементов эксплуатируемого газопровода..... | 13 |
| <i>Булык И. И., Бурховецкий В. В., Борух И. В.</i> Влияние легирования цирконием на структурно-фазовое состояние сплавов на основе $Nd_2Fe_{14}B$ | 20 |
| <i>Орыняк И. В., Зарзавский М. Н., Богдан А. В.</i> Метод определения критической температуры хрупкости с учетом разброса экспериментальных данных по ударной вязкости | 26 |
| <i>Баглюк Г. А., Апининская Л. М., Вергелес Н. М., Уськова Н. А., Бездорожнев А. В.</i> Особенности формирования износостойких покрытий из карбида титана методом электрофоретического осаждения | 37 |
| <i>Букетов А. В., Скирденко В. О.</i> Исследование влияния микродисперсных наполнителей на физико-механические свойства эпоксикомпозитов | 43 |
| <i>Павленко Д. В., Овчинников О. В.</i> Влияние деформирования методом винтовой экструзии на структуру и свойства сплава ВТ1-0 в разных состояниях | 50 |
| <i>Куцевская Н. Ф., Шахнин Д. Б., Малышев В. В.</i> Создание нанокompозитов ферромагнетиков. I. Химический синтез солей металлов Fe–Co–Ni | 58 |
| <i>Агравал Н. К., Агарвал Р., Кумар Г. А., Виджай И. К., Свами К. С.</i> Поверхностная модификация полимерных композиций методом обработки тлеющим разрядом плазмы | 64 |
| <i>Андрейкив А. Е., Добровольская Л. Н., Яворская Н. В.</i> Расчетная модель распространения трещин в биметаллических материалах при высоких концентрациях и температурах водорода | 71 |
| <i>Стащук Н. Г., Дорош М. И.</i> Расчет потенциальной энергии и геометрических размеров дислокационной трещины | 80 |
| <i>Мирсалимов В. М., Мустафаев А. Б.</i> Решение задачи о частичном контактировании берегов щели переменной ширины под действием температурного поля | 86 |
| <i>Иваницкий Я. Л., Гембара О. В., Чепиль О. Я.</i> Оценивание долговечности элементов энергетического оборудования с учетом влияния эксплуатационной среды | 93 |
| <i>Похмурская Г. В., Клапков М. Д., Посувайло В. Н., Студент М. М., Мюклих С., Оздемир И.</i> Электрохимические свойства ПЭО-покрытий на магниевом сплаве AZ31, изготовленном по разным технологиям | 102 |
| <i>Скачков В. О., Бережная О. Р.</i> Особенности распространения трещин в условиях статического и малоциклового нагружений..... | 108 |
| <i>Пустовой В. Н., Реценко И. А., Звирко О. И.</i> Влияние длительного циклического деформирования на электрохимическое поведение сталей морских порталных кранов | 111 |
| <i>Хабурский Я. М.</i> Противокоррозионные свойства экстрактов растительного сырья в растворе соляной кислоты..... | 116 |
| <i>Скальский В. Р., Почапский Е. П., Клым Б. П., Симакович А. Г.</i> Размещение источников акустической эмиссии на тонкостенных объектах сферической формы..... | 122 |
| В НАУЧНЫХ КРУГАХ | |
| <i>Рыцар Д. И.</i> Защита диссертаций..... | 130 |
| <i>Стащук Н. Г.</i> Научный семинар “Проблемы механики хрупкого разрушения” | 132 |
| <i>Веселивская Г. Г.</i> Научный семинар “Коррозия. Защита металлов от коррозии” | 135 |
| <i>Лукьяненко А. Г.</i> Научный семинар “Проблемы материаловедения и инженерии поверхности металлов” | 138 |
| <i>Габетта Дж.</i> Растрескивание под влиянием среды и водородное охрупчивание | 143 |

CONTENTS

| | |
|---|-----|
| <i>Vasylyv B. D., Podhurska V. Ya., and Brodnikovskiy Ye. M.</i> Optimization of physicochemical properties of anode material for fuel cells | 7 |
| <i>Kryzhanivskiy Ye. I., Hrabovskiy R. S., Fedorovych I. Ya., and Barna R. A.</i> Evaluation of fracture kinetics of operated gas pipeline elements | 13 |
| <i>Bulyk I. I., Burkhovetskiy V. V., and Borukh I. V.</i> The effect of alloying with zirconium on the structural-phase state of Nd ₂ Fe ₁₄ B based alloys | 20 |
| <i>Orynyak I. V., Zarazovskii M. M., and Bogdan A. V.</i> Method for determination of the critical brittleness temperature with account of scattering of the experimental impact toughness data | 26 |
| <i>Bagliuk G. A., Apininska L. M., Vergeles N. M., Uskova N. O., and Bezdorozhev O. V.</i> Peculiarities of formation of wear-resistant titanium carbide coatings by the method of electrophoretic deposition | 37 |
| <i>Buketov A. V. and Skirdenko V. O.</i> Investigation of the influence of microdispersed fillers on physicochemical and thermal properties of epoxy composites | 43 |
| <i>Pavlenko D. V. and Ovchinnikov O. V.</i> The influence of deformation by screw extrusion method on the structure and properties of BT1-0 alloy in different states | 50 |
| <i>Kushchevska N. F., Shakhnin D. B., and Malyshev V. V.</i> Creation of ferromagnetic nanocomposites. I. Chemical synthesis of Fe–Co–Ni metal compounds salts | 58 |
| <i>Agrawal N. K., Agarwal R., Gautam A. K., Vijay Y. K., and Swami K. C.</i> Surface modification of polymer nanocomposites by glow discharge plasma treatment | 64 |
| <i>Andreikiv O. Ye., Dobrovolska L. N., and Yavorska N. V.</i> Computational model of crack propagation in bi-metal materials under high concentrations and temperatures of hydrogen | 71 |
| <i>Stashchuk M. H. and Dorosh M. I.</i> Calculation of potential energy and geometric parameters of a dislocation crack | 80 |
| <i>Mirsalimov V. M. and Mustafayev A. B.</i> Solution of the problem on a partial contact of the faces of a variable width slit under temperature field influence | 86 |
| <i>Ivanytskyi Ya. L., Hembara O. V., and Chepil O. Ya.</i> Evaluation of life time of the power equipment elements with account of the operating environment effect | 93 |
| <i>Pokhmurska H. V., Klapkiv M. D., Posuvailo V. M., Student M. M., Muecklich S., and Ozdemir I.</i> Electrochemical properties of the PEO-coatings on the AZ31 Mg-alloy manufactured by different technologies | 102 |
| <i>Skachkov V. O. and Berezhna O. R.</i> Crack growth specific features under static and low-cyclic loading | 108 |
| <i>Pustovoi V. M., Reshchenko I. O., and Zvirko O. I.</i> The effect of cycling on electrochemical behaviour of marine gantry cranes steels | 111 |
| <i>Khaburskiy Ya. M.</i> Anti-corrosion properties of plant substance extracts in hydrochloric acid solution | 116 |
| <i>Skalskiy V. R., Pochapskiy Ye. P., Klym B. P., and Simakovych O. H.</i> Location of acoustic emission sources on spherical-shaped thin-walled objects | 122 |
| IN SCIENTIFIC CIRCLES | |
| <i>Rytsar D. I.</i> Defence of dissertations | 130 |
| <i>Stashchuk M. H.</i> Scientific seminar “Problems of brittle fracture mechanics” | 132 |
| <i>Veselivska H. H.</i> Scientific seminar “Corrosion. Corrosion protection of metals” | 135 |
| <i>Lukianenko O. H.</i> Scientific seminar “Problems of materials science and metal surface engineering” | 138 |
| <i>Gabetta G.</i> Environmentally assisted cracking and hydrogen embrittlement | 143 |

INSTRUCTIONS TO CONTRIBUTORS

International bimonthly Journal “Fizyko-Khimichna Mekhanika Materialiv” (“Physicochemical Mechanics of Materials”) is published also in English by Springer Verlag Publishing House under the title “Materials Science”. The Journal enlightens investigation results and provides reviews on problems of strength and durability of structural materials including fracture mechanics, in particular with account of service conditions and also allied fields of materials science, physics and chemistry. Special sections are devoted to strengthening technologies, corrosion-protection methods (inhibitors, coatings etc.), surface engineering and optimization of structure as well as diagnostics and nondestructive testing of structural elements.

Papers are published in Ukrainian, Russian, and English.

Manuscript Requirements

1. Title of the paper (**no longer than two lines**) should be given in the original language and in English.

2. Manuscripts (with the exception of reviews) including tables, figures and figure captions and a list of references should not exceed 12 000 characters (approximately 6 pages typed in Times New Roman 11 p).

3. Manuscript should contain **key words**, a brief presentation of the problem, description of subject, object and method of investigation, results and their discussion, conclusions, with the exception of brief reports up to three pages.

4. **Summary in English** of not more than 20 lines should contain **concrete results** and begin with the words “...obtained...”, “...demonstrated”.

5. Figures should not bear any verbal notes. Figures place should be indicated in the text. Figure captions should be in the original language and in English. The captions in English should completely explain to the reader what is illustrated in the Figure. Figures sizes, if possible, should be equal, with the width not exceeding 6 cm. Similar figures should be united in groups (Fig. *Xa*, *b*, *c*,...). Figures that are not analyzed in the text and are not used in scientific conclusions should not be placed in the text. The same data should not be repeated in tables, graphs, manuscript text, and in figure captions.

6. For designations only Latin and Greek letters should be used. All symbols should be explained in the text. One should use digits for indices and not first letters of a word (e.g. use a_0 instead of a_{start}). Formula number is written in case it is **further mentioned** in the text.

7. SI units should be used throughout the manuscript.

8. Only the most important references should be given. References should be given in the order of quoting in the manuscript in the **original language** (only duplication in English is acceptable), as shown below:

Turnbull A. Factor affecting the reliability of hydrogen permeation measurement / *Material Science Forum.* – 1995. – **192–194**. – P. 63–69.

Ang H. E. and Gao Y. L. Strength prediction of unidirectional composites with a circular hole // *Int. J. of Fracture.* – 1992. – **56**, № 2. – P. 23–29. (**For papers in the journal**).

Krasowsky A. Y., Dolgiy A. A., and Torop V. M. Charpy testing to estimate pipeline steel degradation after 30 years of operation / Eds. D. Francois, A. Pineau // *Proc. of the Charpy Centenary Conference, Poitiers.* – 2001. – Vol. **1**. – P. 489–495.

Speidel H. J. C., Uggowitzer P. J., and Speidel M. O. Properties of cold worked high-nitrogen chromium based alloys // *5th Int. Conf. on High Nitrogen Steels (Espoo, Finland, May, 24–26, 1998).* – Stockholm, Sweden, 1998. – P. 124. (**For a paper in a collection of papers**).

Bernstein I. M. and Pressouyre G. M. The role of traps in the microstructural control of hydrogen embrittlement of steels / Eds. R. A. Oriani, J. P. Hirth, and M. Smialowski // *Hydrogen Degradation of Ferrous Alloys.* – Park Ridge: Noyes Publ., 1985. – P. 641–685. (**For a book**)

9. The text of the review and references to it can be extended depending on the subject and information submitted.

Two copies of the manuscript and obligatory text file (Word for Windows 2003 or XP and files of figures (*.tif or *.cdr) CD disk or E-mail: pcmm@ipm.lviv.ua (as attachment) should be submitted to the Editorial Board.

10. The data concerning the author(s) (names, home and office address, telephone, E-mail) and also the institution and its address should be added to the manuscript, and also corresponding author.

Manuscripts not prepared according to the Contributors' instructions will be rejected.

To get more detailed information please contact: + 380 (32) 263-73-74.