

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

З. Т. НАЗАРЧУК (головний редактор), Г. М. НИКИФОРЧИН (заст. головного редактора), Р. Р. КОКОТ (відповідальний секретар), О. Є. АНДРЕЙКІВ, Р. Є. ГЛАДИШЕВСЬКИЙ, І. М. ДМИТРАХ, З. А. ДУРЯГІНА, І. Ю. ЗАВАЛІЙ, О. І. ЗВІРКО, І. М. ЗІНЬ, Р. М. КУШНІР, Д. Б. КУРИЛЯК, О. П. ОСТАШ, В. В. ПАНАСЮК, І. М. ПОГРЕЛЮК, М. С. ПОЛУТРЕНКО, В. І. ПОХМУРСЬКИЙ, Т. О. ПРИХНА, М. П. САВРУК, М. Д. САХНЕНКО, В. Р. СКАЛЬСЬКИЙ, О. З. СТУДЕНТ, М. С. ХОМА, В. Ф. ЧЕКУРИН, О. Е. ЧИГИРИНЕЦЬ, В. М. ФЕДІРКО, С. О. ФІРСТОВ, О. Т. ЦИРУЛЬНИК, П. В. ЯСНІЙ

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Р. АКІД (Великобританія), Г. БОЛЗОН (Італія), М. ЕЛЬБОВДЖАІНІ (США–Канада), Е. ГДУТУС (Греція), В. КЕЙН (Індія), Т. ЛАГОДА (Польща), Г. ЛЕСЮК (Польща), П. МОРЕЙРА (Португалія), А. ПІХ (Німеччина), Г. ПЛЮВІНАЖ (Франція), Я. ПОКЛЮДА (Чехія), Г. ШМІТТ (Німеччина), А. СЕДМАК (Сербія), Х. ТОРІБІО (Іспанія), Л. ТОТ (Угорщина), П. ТРАМПУШ (Угорщина), В. ЯРТИСЬ (Норвегія)

EDITORIAL BOARD

Z. T. NAZARCHUK (Editor-in-Chief), H. M. NYKYFORCHYN (Deputy Editor-in-Chief), R. R. KOKOT (Secretary), O. Ye. ANDREIKIV, R. Ye. GLADYSHEVSKII, I. M. DMYTRAKH, Z. A. DURIAGINA, I. Yu. ZAVALIY, O. I. ZVIRKO, I. M. ZIN', R. M. KUSHNIR, D. B. KURYLIAK, O. P. OSTASH, V. V. PANASYUK, I. M. POHRELYUK, M. S. POLUTRENKO, V. I. POKHMURSKII, T. O. PRIKHNA, M. P. SAVRUK, M. D. SAKHNENKO, V. R. SKALSKIY, O. Z. STUDENT, M. S. KHOMA, V. F. CHEKURIN, O. E. CHYHYRYNETS', V. M. FEDIRKO, S. O. FIRS-TOV, O. T. TSYRUL'NYK, P. V. YASNIY

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

R. AKID (Great Britain), G. BOLZON (Italy), M. ELBOUJDAINI (USA–Canada), E. GDOUTOS (Greece), V. KAIN (India), T. LAGODA (Poland), G. LESIUK (Poland), P. MOREIRA (Portugal), A. PICH (Germany), G. PLUVINAGE (France), J. POKLUDA (Czech Republic), G. SCHMITT (Germany), A. SEDMAK (Serbia), J. TORIBIO (Spain), L. TÓHT (Hungary), P. TRAMPUSH (Hungary), V. YARTYS' (Norway)

Відповідальний за випуск д-р техн. наук, проф. Г. М. Никифорчин
Responsible for issue Dr. (Engn.), Prof. H. M. Nykyforchyn

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: journal.pcm@gmail.com

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

Editorial office address: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 5, Naukova St.,
Lviv 79601, Ukraine. Tel.: (38) 032 263-73-74,
(38) 032 229-62-30. Fax: (38) 032 264-94-27.
E-mail: journal.pcm@gmail.com

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

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

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 21.02.2020. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.
Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 200 прим. Замовлення 250220 від 25.02.2020. Ціна договірна.
Реєстраційне свідоцтво серія КВ № 203 від 10.11.93

Друкарня ТзОВ "Простір-М", 79000, Львів, вул. Чайковського, 8

© ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. Карпенка НАН УКРАЇНИ,
"ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ", 2020

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 56, № 2, 2020

березень – квітень

ЗМІСТ

Саврук М. П., Онишко Л. Й., Кваснюк О. І., Біда Н. М. Напружений стан ортотропної площини з дволанковою ламаною тріщиною за антиплоскої деформації..... 7

РЕЗЮМЕ. Методом сингулярних інтегральних рівнянь отримано розв'язок антиплоскої задачі механіки руйнування для ортотропної площини з дволанковою ламаною тріщиною з урахуванням особливості напружень у кутовій вершині тріщини. Для цього застосовано раніше розроблений єдиний підхід до розв'язування задач про концентрацію напружень в ізотропних тілах з гострими та закругленими вирізами.

РЕЗЮМЕ. Методом сингулярных интегральных уравнений получено решение антиплоской задачи механики разрушения для ортотропной плоскости с двухзвенной ломаной трещиной с учетом особенности напряжений в угловой ее вершине. Для этого использован разработанный ранее единый подход к решению задач о концентрации напряжений в изотропных телах с острыми и закругленными вырезами.

SUMMARY. Solution of the antiplane problem of fracture mechanics for orthotropic plane with a two-sectional kinked crack with account of the stress peculiarities at the angular crack tip was obtained by the singular integral equation method. The previously developed unified approach to solving the problems about stress concentration in isotropic bodies with sharp or rounded V-shaped notches was used for this purpose.

Євтушенко О., Куцєй М., Топчєвска К. Визначення максимальної температури трибосистеми накладка–диск під час одноразового гальмування..... 14

РЕЗЮМЕ. Запропоновано розрахункову схему визначення максимальної температури трибосистеми накладка–диск під час одноразового гальмування із врахуванням часу досягнення тиском номінального значення, температурної залежності матеріалів та шорсткості поверхонь тертя. Обчислення виконано для тридискового гальма, виготовленого з вуглецевого композиту Termar-ADF. Для експоненційного та лінійного збільшення контактного тиску під час гальмування досліджено вплив термочувливості матеріалу на еволюцію середньої температури номінальної ділянки контакту, температури спалаху та максимальної температури поверхні тертя.

РЕЗЮМЕ. Предложена расчетная схема определения максимальной температуры трибосистемы накладка–диск при одноразовом торможении с учетом времени достижения давлением номинального значения, термической чувствительности мате-

риалов и шерсткости поверхностей трения. Расчеты выполнены для трехдискового тормоза, изготовленного из углеродного композита Termar-ADF. Для экспоненциального и линейного увеличения контактного давления при торможении исследовано влияние термочувствительности материала на эволюции средней температуры номинальной области контакта, температуры вспышки и максимальной температуры поверхности трения.

SUMMARY. A calculation scheme for determining the maximum temperature of the pad-disc tribosystem under single braking is proposed, with account of the time of pressure increase to the nominal value, the thermal sensitivity of materials and the roughness of the friction surfaces. Calculations are performed for a three-disc brake made of the carbon composite material Termar-ADF. For exponential and linear increase of contact pressure during braking, the influence of the thermal sensitivity of the material on the evolution of mean temperature on the nominal contact area, flash temperature and maximum temperature on the friction surfaces is investigated.

Шишковський Р. О. Визначення питомої енергії руйнування матеріалу за зсувної деформації..... 21

РЕЗЮМЕ. Наведено методику визначення енергії деформування та руйнування матеріалу за зсувної деформації зі застосуванням методу цифрової кореляції зображень. Знайдені характеристики використовують під час розрахунку напружено-деформованого стану та ресурсу роботи бурових колон, валів гідротурбін за згину та кручення.

РЕЗЮМЕ. Разработана методика определения энергии деформирования и разрушения материала при сдвиге с использованием метода цифровой корреляции изображений. Установленные характеристики используют при расчете напряженно-деформированного состояния и ресурса работы буровых колонн, валов гидротурбин при их нагружении изгибом и кручением.

SUMMARY. A technique for determining the energy of deformation and fracture of material under shear using the digital image correlation method is developed. The established characteristics are used for calculation of the stress-strain state and service life of drill columns and hydraulic turbine shafts under bending and torsion loading.

Андрейків О. Є., Бабій А. В., Долінська І. Я. Вплив експлуатаційних середовищ і маневрового режиму навантаження на ресурс штанг польових обприскувачів..... 26

РЕЗЮМЕ. Розроблено метод для визначення залишкового ресурсу широкозахопної штанги польового обприскувача з урахуванням маневрового режиму її навантаження і дії корозивно-агресивного середовища. В основі методу – раніше розроблений енергетичний підхід і розрахункові моделі поширення корозійних тріщин за статичного і циклічних навантажень, а також схема маневрового режиму навантаження. Для реалізації моделі використано штангу зі сталі Ст.3.

РЕЗЮМЕ. Разработан метод для определения остаточного ресурса широкозахватной штанги полевого опрыскивателя с учетом маневренного режима ее нагрузки и воздействия коррозионно-агрессивной среды. В основе метода – ранее разработанный энергетический подход и расчетные модели распространения коррозионных трещин при статической и циклической нагрузках, а также схема маневренного режима нагрузки. Для реализации модели использована штанга из стали Ст.3.

SUMMARY. A method for determining the residual life of the field sprayer boom, taking into account the maneuvering mode of its load and exposure to corrosive environment is developed. The method is based on the energy approach developed previously by the authors and calculation models of corrosion cracks propagation under static and cyclic

loads, as well as the scheme of the maneuvering load mode. The implementation of the model is demonstrated by the example of a St.3 steel rod.

Рудаєвський Д. В., Шефер М. С., Канюк Ю. І. Поширення втомної тріщини на поверхні боковини рами візка вантажного вагона за нерегулярного експлуатаційного навантаження 33

РЕЗЮМЕ. Досліджено кінетику поширення втомної тріщини на поверхні бокової рами залізничного вагона із урахуванням стохастичної природи експлуатаційного навантаження. Виявлено її залежність від початкової геометрії тріщини та знайдено для заданих умов навантаження форму півеліптичного контуру втомної тріщини із найбільшою швидкістю поширення у глибину стінки рами. Сформульована математична модель придатна для оцінювання залишкової довговічності бокової рами із поверхневим тріщиноподібним дефектом заданої початкової площі.

РЕЗЮМЕ. Исследована кинетика распространения усталостной трещины на поверхности боковой рамы железнодорожного вагона с учетом стохастической природы ее эксплуатационного нагружения. Выявлено ее зависимость от начальной геометрии такой трещины и найдено для заданных условий нагружения форму полуэллиптического контура усталостной трещины, которая с наибольшей скоростью распространяется в глубину стенки рамы. Сформулированную математическую модель можно использовать при построении методики оценки остаточной долговечности боковой рамы с поверхностным трещиноподобным дефектом заданной начальной площади.

SUMMARY. The kinetics of fatigue crack propagation at the surface of the railway car side frame is studied taking into account the stochastic nature of its operational loading is investigated. Significant dependence of the surface crack kinetics on its initial geometry is found and for the given loading conditions the shape of the semi-elliptic profile of the fatigue crack with the highest growth rate into the frame wall depth is found. The mathematical model formulated in the paper can be used for estimating the residual life of the side frame with a surface crack-like defect of a given initial area.

Семенов П. О., Пустовий В. М. Комплексне діагностування стану експлуатованих елементів грейферного перевантажувача 39

РЕЗЮМЕ. Виконано комплексне діагностування технічного стану сталеві конструкції експлуатованого понад 40 років перевантажувача з використанням методів руйнівного та неруйнівного контролю. На вальцьованому фасонному прокаті виявлено втомні тріщини та механічні пошкодження типу зношування. Проаналізовано за допомогою магнетного методу з визначенням коерцитивної сили напружено-деформований стан низки елементів металокопструкції, на основі чого встановлено потенційно небезпечні ділянки. Для них досліджені механічні характеристики міцності, пластичності та ударної в'язкості, в т. ч. фрактографічним аналізом, і показано, що ступінь експлуатаційної деградації металу корелює з оцінками його напружено-деформованого стану.

РЕЗЮМЕ. Проведено комплексное диагностирование технического состояния стальной конструкции эксплуатируемого свыше 40 лет перегружателя с использованием методов разрушающего и неразрушающего контроля. На фасонном прокате выявлены усталостные трещины и механические повреждения типа износа. Проанализировано с помощью магнитного метода с определением коэрцитивной силы напряженно-деформированное состояние ряда элементов металлокопструкции, на основании чего установлены потенциально опасные участки. Для них исследованы механические свойства прочности, пластичности и ударной вязкости, в т. ч. фрактографическим анализом, и показано, что степень эксплуатационной деградации металла коррелирует с оценками напряженно-деформированного состояния.

SUMMARY. The complex diagnostics of the technical state of the steel structure of the 40-year operated grab reloader was carried out using the destructive and non-destructive test methods. Fatigue cracks and mechanical damages of wear type were revealed on the profile rolling. The stress-strain state of some elements of metal structure was estimated by the magnetic method with an evaluation of coercive force. The potentially unsafe parts were determined on this base. The mechanical properties of strength, plasticity and impact toughness including fractography analysis were studied for them and it was shown that the level of in-service degradation correlates with an assessment of its stress-strain state.

Ясній П. В., Дивдик О. В., Ясній В. П. Моделювання холодного пластичного деформування отворів у зразках зі сплаву з пам'яттю форми46

РЕЗЮМЕ. Методом скінченних елементів (МСЕ) змодельоване холодне пластичне деформування отвору в пластині з використанням сплаву із пам'яттю форми. Для цього використано механічні характеристики та температури старту й фінішу прямих і зворотних фазових перетворень. За результатами моделювання МСЕ у середовищі ANSYS Workbench отримано розподіл залишкових напружень у пластині в околі функціонального отвору після вилучення інструменту із пластини. Найбільші нормальні стискувальні напруження виникають всередині пластини, а на відстані 2... 4 mm від отвору – напруження розтягу.

РЕЗЮМЕ. Методом конечных элементов (МКЭ) смоделировано холодное пластическое деформирование отверстия в пластине с использованием инструмента из сплава с памятью формы. Для моделирования использовали механические характеристики и температуры старта и финиша прямых и обратных фазовых превращений. В результате моделирования МКЭ в среде ANSYS Workbench получено распределение остаточных напряжений в пластине около функционального отверстия после удаления из него инструмента. Наибольшие нормальные остаточные сжимающие напряжения образуются в средней по толщине части пластины. На расстоянии 2...4 mm от края отверстия остаточные сжимающие напряжения переходят в растягивающие.

SUMMARY. Cold expansion of a hole in a plate using a shape memory alloy working tool was simulated by the finite element method (FEM). The tool expands and plastically deforms the material near the hole during heating. The mechanical properties and start and finish temperatures of the forward and reverse phase transformations were used for modelling. According to the obtained results using FEM in the ANSYS Workbench, the residual stress distribution in the plate in the vicinity of functional hole was calculated. The largest residual normal compressive stresses were observed in the middle part of the plate. The residual tensile stress occurred at a distance of 2 to 4 mm from the hole edge.

Григоренко Г. М., Маркашова Л. І., Головка В. В., Берднікова О. М., Алексєнко Т. О., Жуков В. В. Вплив титановмісних інокулянтів на структуру металу зварних швів низьколегованої високоміцної сталі52

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив титановмісних тугоплавких інокулянтів (нітридів, карбідів, інтерметалідів) на структуру металу зварних швів високоміцних низьколегованих сталей. З допомогою просвітлювальної електронної мікроскопії вивчено характер структурно-фазових змін, особливості тонкої структури з урахуванням розподілу густини дислокацій. Проаналізовано вплив структурних параметрів після додавання інокулянтів на фізико-механічні властивості зварних з'єднань. Визначено роль тонкої структури (субструктури, густини та розподілу дислокацій) у зміні локальних внутрішніх напружень – концентраторів зародження тріщин. Встановлено оптимальний склад інокулянтів під час зварювання високоміцних низьколегованих сталей, які забезпечують високі механічні характеристики та тріщиностійкість зварних з'єднань.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние титаносодержащих тугоплавких инокулянтов (нитрида, карбида, интерметаллида) на структуру металла сварных швов высоко-

прочных низколегированных сталей. С помощью просвечивающей электронной микроскопии изучены характер структурно-фазовых изменений и особенности тонкой структуры с учетом распределения плотности дислокаций. Проанализировано влияние структурных составляющих, формирующихся при применении инокулянтов различного типа, на механические свойства сварных соединений. Определена роль структурных факторов (фазового состава, субзеренной и дислокационной структур) в изменении локальных внутренних напряжений, концентраторов при трещинообразовании. Установлены оптимальные составы использованных инокулянтов при сварке высокопрочных низколегированных сталей для получения качественных и надежных сварных соединений, обеспечивающих их высокие механические характеристики и трещиностойкость.

SUMMARY. The influence of titanium refractory inoculators (nitride; carbide, intermetallic materials) on the high-strength low-alloy weld metal structure is investigated. The character of structural-phases changes and peculiarities of fine structure with the use of translucent electronic microscopy with account of dislocations distributions is studied. The influence of the structural parameters after application of titanium inoculants on the physico-mechanical properties of the weld metal is analyzed. The role of fine structure (substructures, density and distributions of dislocations) in the change of local internal stresses – concentrators of crack initiation is established. The optimal composition of the used inoculants under welding of high-strength low-alloy steels, that provide the high mechanical properties and crack growth resistance of the weld metals, are set.

Дзюбик А. Р. Ударна в'язкість зварних з'єднань зі сталі 34ХН2МА, виконаних електродами різного фазового складу60

РЕЗЮМЕ. Оцінено опір крихкому руйнуванню металу різних зон зварних з'єднань зі сталі типу 34ХН2МА, отриманих з використанням електродів різного фазового складу або за їх поєднання. Встановлено, що незалежно від зони зварного з'єднання, в якій виконували надріз на зразку, найвищою ударною в'язкістю володіє метал шва, одержаний аустенітним електродом, а найнижчою – за поєднання аустенітного (корінь шва) і феритно-перлітного. Незалежно від вжитих електродів ударна в'язкість металу зони термічного впливу завжди була найнижча і тому саме вона визначала роботоздатність зварних з'єднань за динамічних навантажень. Фрактографічно підтвердили, що аустенітні електроди є оптимальними для зварювання листів із високоміцної сталі, оскільки забезпечують найвищу енергоємність їх руйнування за динамічних навантажень.

РЕЗЮМЕ. Определено сопротивление хрупкому разрушению металла различных зон сварных соединений из стали типа 34ХН2МА, полученных с использованием электродов разного фазового состава или при их сочетании. Установлено, что независимо от зоны сварного соединения, в которой выполнен надрез, наиболее высокая ударная вязкость свойственна металлу шва, сваренному аустенитным электродом, а наиболее низкая – при сочетании аустенитного (корень шва) и ферритно-перлитного электродов. Независимо от примененных электродов значения *KCV* металла зоны термического влияния были всегда наиболее низкими. Поэтому именно эта зона определяет работоспособность сварных соединений при динамических нагрузках. Фрактографически подтверждена оптимальность применения аустенитных электродов для сварки листов высокопрочной стали, поскольку они обеспечивают высокую энергоёмкость разрушения при ударе.

SUMMARY. Brittle fracture resistance of the metal of various zones of welded joints on 34ХН2МА steel, obtained using electrodes of different phase composition or a combination of them, was determined. It was established that, regardless of the weld zone in which the notch was made on the specimen, the highest impact toughness was inherent to the weld metal obtained by welding with an austenitic electrode, and the lowest – by the combination of the austenitic (weld root) and ferrite-pearlitic electrodes. Regardless of the

used electrodes, the *KCV* values of the heat affected zone of the metal were always the lowest. Therefore, just that zone determined the performance of the welded joints under dynamic loads. The optimum variant of the use of austenitic electrodes for welding sheets of high-strength steel was fractographically confirmed, since these ensured a higher energy intensity of fracture upon impact.

Ghazvinloo H. R. and Honarbakhsh-Raouf A. В'язкість зварних з'єднань вуглецевої сталі CK45 67

РЕЗЮМЕ. Останнім часом особливу увагу приділяють електродуговому зварюванню *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), яке успішно застосовують у промисловості. Напруга і струм, а також швидкість зварювання є незалежними параметрами, які впливають на механічні властивості металу зварного з'єднання. Одними з найважливіших механічних характеристик є його границі міцності та плинності. Проаналізовано міцність металу зварного шва вуглецевої сталі CK45, виконаного роботизовано методом GMAW за різних умов. Результати досліджень демонструють, що міцність металу шва монотонно залежить від змінних параметрів зварювання.

РЕЗЮМЕ. В последнее время особое внимание уделяют электродуговой сварке *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), которую успешно применяют в промышленности. Напряжение и ток, а также скорость сварки являются независимыми параметрами, которые влияют на механические свойства металла сварного соединения. Одними из наиболее важных механических характеристик являются его границы прочности и текучести. Проанализировано прочность металла сварного шва углеродистой стали CK45, выполненного роботизированно методом GMAW при разных условиях. Результаты исследований показывают, что прочность металла шва монотонно зависит от переменных параметров сварки.

SUMMARY. Gas Metal Arc Welding (GMAW) has received much attention over the recent years and has many beneficial applications in industry. Arc voltage, welding current and welding speed are three independent variables for this process that can affect the mechanical properties of the weld metal. One of the most important mechanical properties of the weld metal is its yield strength and ultimate tensile strength. Therefore, this study is focused on the strength of the weld metal in CK45 carbon steel welded by robotic GMAW process in different conditions. The results clearly illustrate that the strength of the weld metal has a monotonic relationship to welding variables.

Аскеров Х. А., Вакуленко І. О. Оцінювання впливу дисперсності перліту на втому вуглецевої сталі..... 71

РЕЗЮМЕ. Показано, що за кутовим коефіцієнтом дотичної до кривої втоми можна визначити характер впливу дисперсності перліту на витривалість вуглецевої сталі. За незмінної товщини феритного прошарку перліту встановлено обернено пропорційний зв'язок між цим коефіцієнтом і густиною накопичених дислокацій. Оцінено механізм впливу дисперсності перліту на перехід від мало- до багатоциклової втоми вуглецевої сталі.

РЕЗЮМЕ. Показано, что с помощью углового коэффициента касательной к кривой усталости можно определить характер влияния дисперсности перлита на выносливость углеродистой стали. Для неизменной толщины ферритного слоя перлита установлена обратная пропорциональная связь между этим коэффициентом и плотностью накопленных дислокаций. Оценен механизм влияния дисперсности перлита на переход от мало- к многоцикловой усталости углеродистой стали.

SUMMARY. It is shown that the angular coefficient of the tangential fatigue curve is used to analyze the effect of pearlite dispersion colony on the cyclic endurance of carbon steel. Under conditions of constant thickness of the pearlite ferrite layer, an inversely proportional relationship between the angular coefficient of the tangential fatigue curve and

the density of accumulated dislocations is found. The mechanism of the effect of pearlite dispersion on the transition from low- to multi-cycle fatigue of carbon steel is assessed.

Куз Х., Халифа Ш. С. М. Вплив термомеханічної обробки на властивості сплавів системи Mg–Al–Zn–Mn 75

РЕЗЮМЕ. Сплави на основі магнію після лиття під низьким тиском піддано гарячому вальцюванню та екструзії. Виявлено, що їх структурний стан за різної швидкості цих процесів обумовлений сумісним розвитком динамічної рекристалізації, виникненням двійників, зміною фазового складу. Встановлено, що розчинення метастабільних фазових складників та відповідне зниження опору частинок другої фази переміщенню меж зерен з великими кутами розорієнтації під час рекристалізації – одна з причин зростання розміру зерна матриці сплавів. Механічні властивості, окрім розміру зерна та фазового складу, визначає анізотропія структури, яка формується під час термомеханічної обробки.

РЕЗЮМЕ. Сплавы на основе магния после литья при низком давлении подвергнуты горячей прокатке и экструзии. Выявлено, что их структурное состояние при различной скорости этих процессов обусловлено совместным развитием динамической рекристаллизации, формированием двойников, изменением фазового состава. Установлено, что растворение метастабильных фазовых составляющих и снижение сопротивления частиц второй фазы перемещению границ зерен с большими углами разориентации при рекристаллизации – одна из причин увеличения размера зерна матрицы сплавов. Механические свойства, кроме размера зерна и фазового состава, определяет анизотропия структуры, формирующаяся при термомеханической обработке.

SUMMARY. Magnesium-based alloys after low-pressure casting are subjected to hot-rolling and extrusion. It is found that their structural state at different rate of these processes is caused by the common development of dynamic recrystallization, formation of twins, change of phase composition. It is found that dissolution of metastable phase components and corresponding decrease of the resistance of second phase particles to grain boundaries displacement with large disorientation angles during recrystallization, is one of the causes of grain size increase of the alloy matrix. The mechanical properties, in addition to grain size and phase composition, are determined by structure anisotropy formed under thermo-mechanical treatment.

Мисливченко О. М., Бондар А. А., Горбань В. Ф., Луговський Ю. Ф.,
Соболев В. Б., Тихонова І. Б. Структура та фізико-механічні властивості литих титанових сплавів системи Ti–Nb–Mo 81

РЕЗЮМЕ. Потрійні сплави системи Ti–Nb–Mo отримано методом дугового переплаву з подальшою кристалізацією на мідному водоохолоджуваному поді. В отриманих сплавах за вмісту легувальних елементів, який відповідає молибденовому еквіваленту (Mo_{eqv}) від 3,2 до 4,0, утворюються гексагональний (α') та ромбічний (α'') мартенсити. За більшого Mo_{eqv} (4,6) виникає фаза на основі β -титану замість ромбічного мартенситу. У всіх отриманих сплавах характерної для мартенситу голчастої мікроструктури не виявлено. У них фаза (β -Ti) має вищу твердість та модуль Юнга порівняно із α' та α'' . Литі сплави $Ti_{94}Nb_4Mo_2$ та $Ti_{92,5}Nb_5Mo_{2,5}$ володіють низьким модулем пружності (~ 70 GPa).

РЕЗЮМЕ. Тройные сплавы системы Ti–Nb–Mo получено методом дугового переплава с последующей кристаллизацией на медном водоохлаждаемом поде. В полученных сплавах при содержании легирующих элементов, соответствующий молибденовому эквиваленту (Mo_{eqv}) от 3,2 до 4,0, образуются гексагональный (α') и ромбический (α'') мартенситы. При большем Mo_{eqv} (4,6) вместо ромбического мартенсита образуются фазы на основе β -титана. У всех полученных сплавов характерная для маар-

тенсита игольчатая микроструктура не наблюдается. В этих сплавах фаза (β -Ti) имеет большую твердость и модуль Юнга по сравнению с α' и α'' . Литые сплавы $Ti_{94}Nb_4Mo_2$ и $Ti_{92,5}Nb_5Mo_{2,5}$ обладают низким модулем упругости (~ 70 GPa).

SUMMARY. Ternary Ti–Nb–Mo alloys were obtained by arc melting with subsequent solidification on a copper water-cooled hearth. In the obtained alloys, with the content of alloying elements corresponding to the Mo equivalent (Mo_{eqv}) from 3.2 to 4.0, hexagonal (α') and orthorhombic (α'') martensite phases are formed. At greater Mo_{eqv} (4.6), the phase based on β -titanium is formed instead of the orthorhombic martensite. The characteristic martensitic needle microstructure is not observed on the microstructure of all alloys. In these alloys, the phase (β -Ti) has higher hardness and higher Young's modulus in the comparison with α' and α'' . The alloys $Ti_{94}Nb_4Mo_2$ and $Ti_{92,5}Nb_5Mo_{2,5}$ possess low Young's modulus (~ 70 GPa).

Сизоненко О. М., Прохоренко С. В., Липян С. В., Зайченко А. Д., Пристаи М. С., Торпаков А. С., Пащин М. О., Войнаровська-Новак Р., Шерегий Є.
Розрядноімпульсна підготовка модифікатора системи Ti–TiC і його вплив на структуру та властивості металу 88

РЕЗЮМЕ. Показано, що введення 0,01 mass% модифікатора Ti–TiC, синтезованого високовольтною електророзрядною обробкою порошку Ti у газі та брикетованого за допомогою іскрового плазмового спікання, дало змогу зменшити розмір зерна з 1...2 до 0,2...0,6 mm в усіх модифікованих зразках жароміцного сплаву SM88U. При цьому границя міцності на розрив за температури 900°C становила 65...69 MPa, а довготривала міцність зросла у середньому на 20%.

РЕЗЮМЕ. Показано, что введение 0,01 mass% модификатора Ti–TiC, синтезированного высоковольтной электроразрядной обработкой порошка Ti в керосине и брикетированного при помощи искрового плазменного спекания, позволило уменьшить размер зерна с 1...2 до 0,2...0,6 mm во всех модифицированных образцах жаропрочного сплава SM88U. При этом предел прочности на разрыв при температуре 900°C составил 65...69 MPa, а длительная прочность выросла в среднем на 20%.

SUMMARY. It is shown, that addition of 0.01 mass% of Ti–TiC modifier, synthesized by high voltage electric discharge treatment of Ti powder in kerosene and briquetted by spark plasma sintering, allowed reducing grain size from 1...2 mm to 0.2...0.6 mm in all modified samples of SM88U heat resistant alloy. Moreover, tensile strength of modified specimens at the temperature of 900°C was 65...69 MPa, and long-term strength have averagely increased by 20%.

Піддубний С. В., Татарченко Г. О., Соколенко В. М. Прискорений метод визначення морозостійкості силікатних будівельних матеріалів..... 95

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано існуючі базові і прискорені методи визначення морозостійкості будівельних матеріалів та показано їх переваги і недоліки. Запропоновано прискорений метод, який дає змогу визначати довговічність каменю з найменшою трудомісткістю і високою оперативністю. Він базується на введенні критерію морозостійкості, який обчислюють за водопоглинанням (mass%) і міцністю на стиск у водонасиченому стані. Отримані результати добре корелюють з відомими базовими і прискореними методами.

РЕЗЮМЕ. Проанализированы существующие базовые и ускоренные методы определения морозостойкости строительных материалов и показано их преимущества и недостатки. Предложен ускоренный метод, который позволяет определять долговечность камня с наименьшей трудоемкостью и высокой оперативностью. Он основан на введении критерия морозостойкости, который рассчитывают по водопоглощению (mass%) и прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии. Полученные результаты хорошо коррелируют с известными базовыми и ускоренными методами.

SUMMARY. The available basic and accelerated experimental methods of determining the frost resistance of silicate building materials and ceramic products are analyzed. The technique of accelerated determination of the frost resistance of silicate building materials without direct freezing and thawing of samples is developed. This technique allows us to determine the durability of stone with minimum labor consumption and high efficiency. The method is based on the determination of the criterion of frost resistance C_F , which is calculated by the value of water absorption (mass%) and compression strength in the water-saturated state. The obtained results correlate well with the basic and accelerated methods.

Іваницький Я. Л., Бойко В. М., Станкевич В. З., Гануліч Б. К. Методика визначення напружено-деформованого стану в металі за дії газоподібного водню та температури 101

РЕЗЮМЕ. Запропоновано методику обчислення напружено-деформованого стану експлуатованих металів у газоподібному водні за змінної в часі температури. При цьому використано принцип віртуальної роботи, адаптований для квазістатичних рівнянь рівноваги за покрокового формулювання за часом. Прирости перемішень, концентрації водню, температури, деформацій та напружень за певний малий проміжок часу знайдено за допомогою методу скінченних елементів. Для апробації розробленої методики досліджено напружено-деформований стан суцільного скінченного циліндра, який перебуває у водневому середовищі за змінної температури в часі. Розглянуто випадки, коли циліндр незащемлений та защемлений на одному з торців.

РЕЗЮМЕ. Предложено методику вычисления напряженно-деформированного состояния эксплуатируемых металлов в газообразном водороде при переменной во времени температуре. При этом использован принцип виртуальной работы, адаптированный для квазистатических уравнений равновесия при пошаговом формулировании по времени. Приращения перемещений, концентрации водорода, температуры, деформаций и напряжений в малых промежутках времени получены при помощи метода конечных элементов. Для апробации разработанной методики исследовано напряженно-деформированное состояние конечного цилиндра, который находится в среде водорода при переменной во времени температуре. Рассмотрено случаи, когда цилиндр незащемленный и защемленный на одном из торцов.

SUMMARY. A method for calculating the stress-strain state of metals exploited in gaseous hydrogen at time variable temperature is proposed. The principle of virtual work, adapted for quasi-static equations of equilibrium by stepwise formulation over time is used. Displacement increments, hydrogen concentration, temperature, deformation, and stress over a small period of time are found using the finite element method. To test the developed methodology, the stress-strain state of a continuous finite cylinder, which is in a hydrogen medium at a variable temperature over time, is investigated. Cases where the cylinder is unsupported and supported at one end are considered.

Похмурський В. І., Василів Х. Б., Бондаренко В. П., Винар В. А., Рацька Н. Б., Барановський О. М. Вплив легування карбідами хрому і ванадію на корозійні та трибокорозійні характеристики твердих сплавів системи WC–Ni 109

РЕЗЮМЕ. Досліджено корозійну і трибокорозійну поведінку твердих сплавів систем $\text{VN}_{20}+\text{Cr}_3\text{C}_2$ і $\text{VN}_{20}+\text{VC}$ у розчинах на основі 3%-го NaCl з різним рН. У лужному середовищі струми корозії і коефіцієнти тертя нижчі, ніж у нейтральному та кислому, що пов'язано з інертністю нікелю. Найвищі корозійні і трибокорозійні характеристики має сплав $\text{VN}_{20}+1 \text{ mass\% Cr}_3\text{C}_2$.

РЕЗЮМЕ. Исследовано коррозионное и трибокоррозионное поведение твердого сплава $\text{VN}_{20} + \text{Cr}_3\text{C}_2$ и $\text{VN}_{20} + \text{VC}$ в растворах на основе 3%-го NaCl с различным рН. В щелочной среде ток коррозии и коэффициенты трения ниже, чем в нейтраль-

ном и кислото, что связано с инертностью никеля. Более высокие коррозионные и трибокоррозионные характеристики имеет сплав BH20+1 mass% Cr₃C₂.

SUMMARY. The corrosive and tribocorrosive behaviour of hard BH20+Cr₃C₂ and BH20+ VC alloys in the solutions based on 3% NaCl with different pH are analyzed. In alkaline environment corrosion currents and friction coefficients of alloys are lower than in neutral and acidic environments due to the inertia of nickel. The best corrosive and tribocorrosive characteristics possess the BH20+1 mass% Cr₃C₂ alloy.

Рябцев С. І., Полонський В. А., Сухова О. В. Структура та корозія квазікристалічних литих сплавів і плівкових покриттів Al–Cu–Fe..... 115

РЕЗЮМЕ. Досліджено квазікристалічний литий сплав та плівкове покриття, отримане модернізованим методом триелектродного йонно-плазмового розпилення набірних мішеней, номінального складу Al₆₀Cu₂₈Fe₁₂. Структуру зразків вивчали методами кількісної металографії, рентгеноструктурного аналізу, рентгеноспектрального мікроаналізу, трансмісійної та растрової електронної мікроскопії. Термічну стабільність напиленої плівки оцінювали, враховуючи результати вимірювання електричного опору в інтервалі температури 293...1000 К. Корозійні властивості в 5%-му водному розчині NaCl (pH 6,9...7,1) досліджували потенціодинамічним методом. Встановлено, що в структурі литого сплаву квазікристалічна ікосаедрична *i*-фаза співіснує з кристалічними фазами λ-Al₁₃Fe₄, β-AlFe(Cu), τ-AlCu(Fe), η-AlCu та θ-Al₂Cu і займає ~56% об'єму. Плівкове покриття містить дисперсну квазікристалічну *i*-фазу розміром ~3 нм, стабільну до температури 723 К. Поляризаційні вимірювання свідчать про більшу корозійну тривкість плівкового покриття Al–Cu–Fe в сольовому розчині натрій хлориду порівняно з литим сплавом. Корозія відбувається за електрохімічним механізмом із кисневою деполяризацією і має пітинговий характер.

РЕЗЮМЕ. Исследованы квазикристаллический литой сплав и пленочное покрытие, полученное модернизированным методом трехэлектродного ионно-плазменного распыления наборных мишеней, номинального состава Al₆₀Cu₂₈Fe₁₂. Структуру образцов изучали методами количественной металлографии, рентгеноструктурного анализа, рентгеноспектрального микроанализа, трансмиссионной и растровой электронной микроскопии. Термическую стабильность напыленной пленки оценивали с учетом результатов измерения электрического сопротивления в интервале температур 293...1000 К. Коррозионные свойства в 5%-м водном растворе NaCl (pH 6,9...7,1) исследовали потенциодинамическим методом. Установлено, что в структуре литого сплава Al–Cu–Fe квазикристаллическая икосаэдрическая *i*-фаза сосуществует с кристаллическими фазами λ-Al₁₃Fe₄, β-AlFe(Cu), τ-AlCu(Fe), η-AlCu, θ-Al₂Cu и занимает ~56% объема. Пленочное покрытие Al–Cu–Fe содержит дисперсную квазикристаллическую фазу размером ~3 нм, стабильную до температуры 723 К. Поляризационные измерения свидетельствуют о большей коррозионной стойкости пленочного покрытия Al–Cu–Fe в солевом растворе натрия хлорида по сравнению с литым сплавом. Коррозия протекает по электрохимическому механизму с кислородной деполяризацией.

SUMMARY. The Al₆₀Cu₂₈Fe₁₂ quasicrystalline as-cast alloy and film coating obtained by three-electrode ion-plasma sputtering of assembled targets were investigated. The specimen structure was studied by the methods of quantitative metallography, X-ray analysis, energy-dispersive X-ray spectrometry, transmission and scanning electron microscopy. Thermal stability of the as-sputtered film was estimated with account of the results of electrical resistance measurements within the temperature range of 293...1000 K. Corrosion properties in 5% aqueous NaCl solution (pH 6.9...7.1) were determined by the potentiodynamic method. In the structure of the as-cast Al–Cu–Fe alloy, the quasicrystalline icosahedral *i*-phase was established to co-exist with λ-Al₁₃Fe₄, β-AlFe(Cu), τ-AlCu(Fe), η-AlCu, θ-Al₂Cu crystalline phases and occupy ~56% of the volume. The Al–Cu–Fe film contains dispersive

quasicrystalline phase ~ 3 nm in size stable up to 723 K. Polarization experiments showed a considerable increase of corrosion resistance of the Al–Cu–Fe film in the saline solution of sodium chloride as compared with that of the as-cast alloy. Pitting corrosion proceeds by the electrochemical mechanism with oxygen depolarization.

Ниркова Л. І. Корозійне розтріскування трубної сталі X70 в умовах катодного захисту 124

РЕЗЮМЕ. Досліджено механізм корозійного розтріскування сталі X70 у нейтральному ґрунтовому середовищі в умовах катодного захисту. Виявлено три області потенціалів, у яких корозійне розтріскування сталі відбувається за різними механізмами. Локальне анодне розчинення є домінуючим механізмом за потенціалів, позитивніших, ніж $-0,75$ V, водневе окрихчення – за потенціалів, негативніших, ніж $-1,05$ V, а в області потенціалів від $-0,75$ до $-1,05$ V – ці механізми діють одночасно.

РЕЗЮМЕ. Исследовано механизм коррозионного растрескивания стали X70 в нейтральном грунтовом электролите в условиях катодной защиты. Выявлено три области потенциалов, в которых коррозионное растрескивание стали протекает по разным механизмам. Локальное анодное растворение является доминирующим механизмом при потенциалах, положительнее $-0,75$ V, водородное охрупчивание – при потенциалах, отрицательнее $-1,05$ V, а в области потенциалов от $-0,75$ до $-1,05$ V – эти механизмы действуют одновременно.

SUMMARY. The mechanism of corrosion cracking of X70 steel in a neutral soil electrolyte under cathodic protection is investigated. Three areas of potentials were revealed in which corrosion cracking of steel proceeds according to different mechanisms. Local anodic dissolution is the dominant mechanism at potentials more positive than -0.75 V, hydrogen embrittlement – at potentials that are more negative than -1.05 V, and in the potential range from -0.75 to -1.05 V, these mechanisms act simultaneously.

Крет Н. В., Свірська Л. М., Венгринюк Т. П. Корозійно-втомний ріст тріщини в експлуатованих насосних штангах зі сталі 20H2M 130

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано вплив модельної пластової води пониженої кислотності на циклічну тріщиностійкість сталі 20H2M насосної штанги, експлуатованої 5,5 роки. Умовно стан металу головки штанги прийнято за вихідний і виявлено незначні відмінності базових механічних властивостей та циклічної тріщиностійкості у повітрі сталі у різних станах, однак, корозивне середовище підвищує швидкість росту втомної тріщини в експлуатованій сталі суттєвіше, ніж у вихідний. Це вказує на те, що експлуатаційна деградація сталі штанги проявляється у першу чергу в чутливості до корозивного середовища.

РЕЗЮМЕ. Проанализировано влияние модельной пластовой воды пониженной кислотности на циклическую трещиностойкость стали 20H2M насосной штанги, эксплуатируемой 5,5 лет. Состояние металла головки штанги условно принято за исходное и выявлены незначительные различия базовых механических свойств и циклической трещиностойкости на воздухе стали в различных состояниях. Однако в коррозионной среде скорость роста усталостной трещины в эксплуатируемой стали существенно выше, чем в исходной. Это указывает на то, что эксплуатационная деградация стали штанги проявляется в первую очередь в чувствительности к коррозионной среде.

SUMMARY. The influence of model acid reservoir water on the cyclic fracture toughness of 20H2M steel of the sucker rod being operated for 5.5 years was analyzed. The metal state of the sucker rod head was considered as the initial one, and slight differences in the basic mechanical properties and cyclic fracture toughness in air for steel in different states were showed, however, acceleration of fatigue crack growth rate under corrosion environment action in the operated steel was significantly higher than that in the steel in the

initial state. This indicates that operational degradation of the rod steel is manifested primarily in the sensitivity to the action of corrosion environment.

*Зінь І. М., Корній С. А., Киця А. Р., Білий Л. М., Даниляк М.-О. М.,
Лютий П. Я.* Захисні властивості алкідного покриття,
інгібованого комплексним цеолітфосфатним пігментом..... 135

РЕЗЮМЕ. Досліджено комплексний протикорозійний пігмент на основі кальційвмісного цеоліту з осадженим цинк фосфатом на його нанопористій поверхні. Встановлено, що він ефективно сповільнює корозію алюмінієвого сплаву у розчині синтетичного кислотного дощу. Пігмент пригнічує підплівкову корозію металу поблизу дефектів лакофарбового алкідного покриття. Він може бути перспективним інгібувальним компонентом лакофарбових покриттів для захисту конструкцій з алюмінієвих сплавів у промисловій атмосфері.

РЕЗЮМЕ. Исследовано комплексный противокоррозионный пигмент на основе кальцийсодержащего цеолита с осажденным слоем цинка фосфата на его нанопористой поверхности. Установлено, что он эффективно замедляет коррозию алюминиевого сплава в растворе синтетического кислотного дождя. Пигмент угнетает подпленочную коррозию металла вблизи дефектов лакокрасочного алкидного покрытия. Он может быть перспективным ингибирующим компонентом лакокрасочных покрытий для защиты конструкций из алюминиевых сплавов в промышленной атмосфере.

SUMMARY. A complex anticorrosive pigment based on calcium-containing zeolite with precipitated zinc phosphate on its nanoporous surface was investigated. It is found that it effectively slows down the corrosion of aluminum alloy in a solution of synthetic acid rain. The pigment inhibits the underfilm corrosion of the metal near defects of alkyd paint. It can be a promising inhibitory component of paint coatings for the protection of aluminum alloy structures in industrial atmosphere.

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 56, № 2, 2020

март – апрель

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| <i>Саврук М. П., Онышко Л. И., Кваснюк А. И., Бида Н. М.</i> Напряженное состояние ортотропной плоскости с двухзвенной ломаной трещиной при антиплоской деформации | 7 |
| <i>Евтушенко А., Куцей М., Топчевска К.</i> Определение максимальной температуры трибосистемы накладка–диск при однократном торможении | 14 |
| <i>Шишковский Р. О.</i> Определение удельной энергии разрушения материала при деформации сдвигом | 21 |
| <i>Андрейкив А. Е., Бабий А. В., Долинская И. Я.</i> Влияние эксплуатационных сред и маневренного режима нагружения на ресурс штанг полевых опрыскивателей | 26 |
| <i>Рудаковский Д. В., Шефер М. С., Каник Ю. И.</i> Распространение усталостной трещины на поверхности боковой рамы тележки грузового вагона при нерегулярной эксплуатационной нагрузке | 33 |
| <i>Семенов П. А., Пустовой В. Н.</i> Комплексное диагностирование состояния эксплуатируемых элементов грейферного перегружателя | 39 |
| <i>Ясний П. В., Дивдик А. В., Ясний В. П.</i> Моделирование холодного пластического деформирования отверстий в образцах из сплава с памятью формы | 46 |
| <i>Григоренко Г. М., Маркашова Л. И., Головкин В. В., Бердникова Е. М., Алексеенко Т. А., Жуков В. В.</i> Влияние титаносодержащих инокулянтов на структуру металла сварных швов низколегированной высокопрочной стали | 52 |
| <i>Дзюбик А. Р.</i> Ударная вязкость сварных соединений из стали 34ХН2МА, полученных электродами разного фазового состава | 60 |
| <i>Ghazvinloo H. R. and Honarbakhsh-Raouf A.</i> Вязкость сварных соединений углеродистой стали СК45 | 67 |
| <i>Аскеров Х. А., Вакуленко И. А.</i> Оценка влияния дисперсности перлита на усталость углеродистой стали | 71 |
| <i>Куг Х., Халифа Ш. С. М.</i> Влияние термомеханической обработки на свойства сплавов системы Mg–Al–Zn–Mn | 75 |

| | |
|---|-----|
| <i>Мысливченко А. Н., Бондар А. А., Горбань В. Ф., Луговский Ю. Ф., Соболев В. Б., Тихонова И. Б.</i> Структура и физико-механические свойства литых титановых сплавов системы Ti–Nb–Mo | 81 |
| <i>Сизоненко О. Н., Прохоренко С. В., Лыпян Е. В., Зайченко А. Д., Прыстаи Н. С., Торпаков А. С., Пащин Н. А., Войнаровска-Новак Р., Шерегий Е.</i> Разрядноимпульсная подготовка модификатора системы Ti–TiC и его влияние на структуру и свойства металла..... | 88 |
| <i>Пиддубный С. В., Татарченко Г. О., Соколенко В. М.</i> Ускоренный метод определения морозостойкости силикатных строительных материалов | 95 |
| <i>Иваницкий Я. Л., Бойко В. Н., Станкевич В. З., Ганулич Б. К.</i> Методика определения напряженно-деформированного состояния в металле при воздействии газообразного водорода и температуры | 101 |
| <i>Похмурский В. И., Васылив Х. Б., Бондаренко В. П., Вынар В. А., Рацкая Н. Б., Барановский А. М.</i> Влияние легирования карбидами хрома и ванадия на коррозионные и трибокоррозионные характеристики твердых сплавов системы WC–Ni | 109 |
| <i>Рябцев С. И., Полонский В. А., Сухова Е. В.</i> Структура и коррозия квази- кристаллических литых сплавов и пленочных покрытий Al–Cu–Fe | 115 |
| <i>Ныркова Л. И.</i> Коррозионное растрескивание трубной стали X70 в условиях катодной защиты | 124 |
| <i>Крет Н. В., Свирская Л. Н., Венгриянок Т. П.</i> Коррозионно-усталостный рост трещины в эксплуатируемых насосных штангах из стали 20H2M..... | 130 |
| <i>Зинь И. Н., Корний С. А., Кыця А. Р., Билый Л. М., Даниляк М.-Е. М., Лютый П. Я.</i> Защитные свойства алкидного покрытия, ингибированного комплексным цеолитфосфатным пигментом | 135 |

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 56, № 2, 2020

March – April

CONTENTS

| | |
|--|----|
| <i>Savruk M. P., Onyshko L. Yo., Kvasniuk O. I., and Bida N. M.</i> Stress state of an orthotropic plane with a two-sectional kinked crack under antiplane deformation..... | 7 |
| <i>Yevtushenko O., Kuciej M., and Topchewska K.</i> Determination of maximum temperature of the pad–disc tribosystem during single braking | 14 |
| <i>Shyshkovskyy R. O.</i> Evaluation of specific energy of material fracture under shear deformation | 21 |
| <i>Andreikiv O. Ye., Babii A. V., and Dolinska I. Ya.</i> The influence of operating environments and maneuvering mode loading on residual life of barbell field sprayers..... | 26 |
| <i>Rudavskiy D. V., Shefer M. S., and Kaniuk Yu. I.</i> Fatigue crack growth at the side frame surface of the freight wagon bogie under irregular operation load..... | 33 |
| <i>Semenov P. O., and Pustovyi V. M.</i> Complex diagnostics of operated metal structures of grab reloader | 39 |
| <i>Yasniy P. V., Dyvdyk O. V., and Yasniy V. P.</i> Finite analysis of the cold deformation process of holes using a shape memory alloy..... | 46 |
| <i>Hryhorenko G. M., Markashova L. I., Holovko V. V., Berdnikova O. M., Alekseienco T. O., and Zukov V. V.</i> The influence of titanium containing inoculates on structure of low-alloy high-strength steel weld metals | 52 |
| <i>Dziubyk A. R.</i> Impact toughness of 34XH2MA steel welded joints prepared by electrodes with different phase composition..... | 60 |
| <i>Ghazvinloo H. R. and Honarbakhsh-Raouf A.</i> Mechanical strength of the weld metal in CK45 carbon steel..... | 67 |
| <i>Akserov Kh. A. and Vakulenko I. O.</i> Evaluation of the effect of pearlite dispersion on carbon steel fatigue..... | 71 |
| <i>Kug Kh. and Khalifa Sh. S. M.</i> The influence of thermomechanical treatment on Mg–Al–Zn–Mn alloy properties | 75 |
| <i>Myslyvchenko O. M., Bondar A. A., Horban V. F., Luhovskiy Yu. F., Soboliev V. B., and Tikhonova I. B.</i> Structure and physicomechanical properties of as-cast Ti–Nb–Mo titanium alloys..... | 81 |

| | |
|--|-----|
| <i>Syzonenko O. M., Prokhorenko S. V., Lypian Ye. V., Zaichenko A. D., Prystash M. S., Torpakov A. S., Pashchyn M. O., Voynarovska-Novak R., and Sheregii Ye.</i> Charge-pulse preparation of Ti–TiC modifier and its influence on the structure and properties of metal | 88 |
| <i>Piddubnyi S. V., Tatarchenko G. O., and Sokolenko V. M.</i> A shortcut method of determining frost-resistance of silicate building materials | 95 |
| <i>Ivanytskyi Ya. L., Boiko V. M., Stankevych V. Z., and Ganulich B. K.</i> A method for determining the stress-strain state in metal under action of gaseous hydrogen and temperature | 101 |
| <i>Pokhmurskii V. I., Vasyliv Ch. B., Bondarenko V. P., Vynar V. A., Ratska N. B., and Baranovsky O. M.</i> The influence of alloying of hard WC–Ni alloys with chromium and vanadium carbides on their corrosion and tribocorrosion characteristics | 109 |
| <i>Riabtsev S. I., Polonskyi V. A., and Sukhova O. V.</i> Structure and corrosion properties of quasi-crystal cast alloys and film Al–Cu–Fe coatings | 115 |
| <i>Nyrkova L. I.</i> Stress corrosion cracking of X70 pipe steel under cathode protection | 124 |
| <i>Kret N. V., Svirska L. M., and Vengryniuk T. P.</i> Corrosion-fatigue crack growth in 20H2M steel operating pump rods..... | 130 |
| <i>Zin I. M., Korniy S. A., Kytsya A. R., Bilyi L. M., Danyliak M.-O. M., Lyutyy P. Y.</i> Protective properties of alkyd coatings inhibited by complex zeolite–phosphate pigment..... | 135 |