

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 56, № 1, 2020
січень – лютий
ЛЬВІВ

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. SKALSKYI, O. Z. STUDENT, M. S. KHOMA, V. F. CHEKURIN, O. E. CHYHYRYNETS', V. M. FEDIRKO, S. O. FIRSTOV, 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

ЗМІСТ

Від головного редактора.....	7
<i>Вербовицький Ю. В., Березовець В. В., Киця А. Р., Завалій І. Ю., Яртись В. А.</i>	
Використання реакції гідролізу MgH_2 для генерування водню	9

РЕЗЮМЕ. Гідрид магнію MgH_2 – це сполука з високим вмістом водню, яка утворює значну його кількість під час гідролізу – хімічної взаємодії з водою або водними розчинами. Цей процес особливо цікавий для автономного вироблення водню як палива для низькотемпературних паливних елементів. У цій праці подано огляд останніх публікацій з цієї теми, а також результати власних експериментів. Вказано на важливість підвищити швидкість виділення H_2 та повноту конверсії MgH_2 . Для цього слід оптимізувати розмір порошків MgH_2 шляхом кульового помелу; використати каталізатори, додані до MgH_2 , та водні розчини; підвищити температуру взаємодії. Вплив цих чинників на ступінь конверсії та швидкість виділення водню детально проаналізовано та визначено системи для досягнення ефективних показників реакції. Запропоновано механізм каталітичного впливу, а для вдосконалення показників гідролізу потрібні подальші дослідження.

Ключові слова: водень, гідрид магнію, композити, гідроліз, воднева енергетика.

РЕЗЮМЕ. Гидрид магния MgH_2 – это соединение с высоким содержанием водорода, которое образует значительное его количество при гидролизе – химическом взаимодействии с водой или водными растворами. Этот процесс представляет особенный интерес для автономной выработки водорода для низкотемпературных топливных элементов. В работе приведены обзор последних публикаций по этой теме, а также результаты собственного исследования. Выявлена необходимость повышения скорости выделения H_2 и полноты конверсии MgH_2 . Для этого следует оптимизировать размер порошков MgH_2 путем шарового помола; использовать катализаторы, приложенные к MgH_2 , или водные растворы; повысить температуру взаимодействия. Влияние этих факторов на степень конверсии и скорость выделения водорода детально проанализированы и определены наиболее приемлемые системы для достижения эффективных показателей реакции. Предложен механизм каталитического воздействия, а для совершенствования показателей гидролиза необходимы дальнейшие исследования.

Ключевые слова: водород, гидрид магния, композиты, гидролиз, водородная энергетика.

SUMMARY. Magnesium hydride MgH_2 is a hydrogen-rich compound which generates significant amount of hydrogen by a hydrolysis process – its chemical interaction with water or with aqueous solutions. This process is of great interest for on-site hydrogen generation aimed at use of H_2 as a fuel for PEM fuel cells. The present paper is a review of the recent reference publications on the topic which also presents the results of the own research. Increase of the rates of H_2 release and a completeness of transformation of MgH_2 are two important goals which can be reached by: optimizing size of the powders of MgH_2 by ball milling; using catalysers added to MgH_2 and to the aqueous solutions; increasing the temperature of interaction. The effect of these parameters on the extent of conversion and the rates of hydrogen evolution are analysed in detail and the best systems to reach the efficient hydrolysis performance are identified. The mechanism of catalytic hydrolysis was proposed while further improvements of the hydrolysis process are required and need further studies of this important topic.

Keywords: hydrogen, magnesium hydride, composites, hydrolysis, hydrogen energy.

Василів Б. Д., Подгурська В. Я., Остап О. П., Полішко І. О., Бродніковський С. М., Іванченко С. Е., Васильєв О. Д. Вплив робочого середовища паливних комірок на структуру і фізико-механічні характеристики кераміки системи $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$ 21

РЕЗЮМЕ. Досліджено властивості кераміки системи $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$, отриманої за технологіями спікання порошків і стрічкового лиття, у вихідному стані та після однократного відновлення у чистому водні та сумішах $Ar-5\% H_2$ і $N_2-10\% H_2-5\% CO_2$. Встановлено, що, використовуючи технологію стрічкового лиття, можна отримати матеріал для анодів-підкладок твердооксидних паливних комірок з дрібнішим зерном і одноріднішою структурою, що підвищує його міцність. Виявлено, що за наявності двоокису вуглецю у воденьвмісному середовищі ($N_2-10\% H_2-5\% CO_2$) міцність кермету 8YSZ-Ni знижується, порівняно з відновленим у суміші $Ar-5\% H_2$, зі зростанням його електропровідності.

Ключові слова: твердооксидна паливна комірка, кераміка системи 8YSZ-NiO, водень, диоксид вуглецю, структура, міцність, електропровідність.

РЕЗЮМЕ. Исследованы свойства керамики системы $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$, полученной по технологиям спекания порошков и ленточного литья, в исходном состоянии и после однократного восстановления в чистом водороде и смесях $Ar-5\% H_2$ и $N_2-10\% H_2-5\% CO_2$. Установлено, что ленточным литьем можно получить материал для анодов-подкладок твердооксидных топливных ячеек с более мелким зерном и однородной структурой, что повышает его прочность. Выявлено, что при наличии двуокиси углерода в водородсодержащей среде ($N_2-10\% H_2-5\% CO_2$) прочность кермета 8YSZ-Ni снижается по сравнению с восстановленным в смеси $Ar-5\% H_2$ при росте его электропроводности.

Ключевые слова: твердооксидная топливная ячейка, керамика системы 8YSZ-NiO, водород, двуокись углерода, структура, прочность, электропроводность.

SUMMARY. The properties of $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$ ceramics obtained by powder sintering and tape casting technologies in the initial state and after one-time reduction in pure hydrogen and mixtures of $Ar-5\% H_2$ and $N_2-10\% H_2-5\% CO_2$ were investigated. It was established that the use of tape casting technology allows us to obtain material for anodes-substrates of solid oxide fuel cells, which had a smaller grain and a more uniform structure, which caused an increase in its strength. It was found that the presence of carbon dioxide in hydrogen-containing medium ($N_2-10\% H_2-5\% CO_2$) caused a decrease in the strength of the 8YSZ-Ni cermet compared to that reduced in the $Ar-5\% H_2$ mixture with increasing its electrical conductivity.

Keywords: solid oxide fuel cells, ceramic system 8YSZ-NiO, hydrogen, carbon dioxide, structure, strength, electrical conduction.

Бродніковський М. П., Кузнєцова Т. Л., Рокицька О. А., Зубець Ю. Ю.

Вибір складу багатокомпонентного сплаву системи $Nb-Ti-Al-X$ з підвищеними жароміцністю, жаростійкістю та технологічністю..... 27

РЕЗЮМЕ. Встановлено фізико-хімічні передумови створення багатокомпонентних ніобієвих сплавів системи $Nb-Ti-Al-X$ ($X - Cr, Zr, Mo, Sr$) з підвищеними жароміцністю, жаростійкістю та технологічністю. Висновки ґрунтуються на взаємозв'язку фізичних властивостей елементів сплавів, ентальпії змішування, складу та діаграм стану компонентів з особливостями їх кристалізації внаслідок легування.

Ключові слова: багатокомпонентні ніобієві сплави, високоентропійні сплави, фізико-хімічні передумови, питома жароміцність, жаростійкість, технологічність.

РЕЗЮМЕ. Установлены физико-химические предпосылки создания многокомпонентных ниобиевых сплавов системы $Nb-Ti-Al-X$ ($X - Cr, Zr, Mo, Sr$) повышенных жаропрочности, жаростойкости и технологичности. Выводы основаны на взаи-

мосвязи физических свойств элементов сплавов, энтальпии смешения, состава и диаграмм состояния их компонентов с особенностями их кристаллизации вследствие легирования.

Ключевые слова: *многокомпонентные ниобиевые сплавы, высокоэнтропийные сплавы, физико-химические предпосылки, удельная жаропрочность, жаростойкость, технологичность.*

SUMMARY. The physicochemical prerequisites for the creation of multi-component Nb–Ti–Al–X (X – Cr, Zr, Mo, Sr) niobium alloys with improved high temperature strength, heat resistance, and technological properties are established. Conclusion are based on the relationship between the physical properties of the alloying elements, the enthalpy of mixing, the composition of alloys, the component state diagrams with specific features of their crystallization due to alloying.

Keywords: *multicomponent niobium alloys, highly entropic alloys, physicochemical conditions, specific high temperature strength, heat resistance, technological effectiveness.*

Чумало Г. В., Посувайло В. М., Харченко Є. В., Палюх В. М. Вплив складу електролітів на властивості плазмоелектролітних оксидних покриттів на легких сплавах..... 32

РЕЗЮМЕ. Розглянуто дію різних електролітів на функціональні характеристики покриття, нанесеного методом плазмоелектролітного оксидування (ПЕО) на сплавах алюмінію та магнію. Показано вплив концентрації луку на формування ПЕО покриття. Розглянуто доцільність використання комбінованих електролітів, КОН (NaOH)–Na₂SiO₃ та різних додатків (гліцерин, бура, фториди, наночастинки) для забезпечення високих корозійно-механічних характеристик покриття. Відзначено, що керувати складом та товщиною оксидних покриттів на легких сплавах можна шляхом вибору компонентів електроліту та режимів ПЕО.

Ключові слова: *плазмоелектролітне оксидування, сплав алюмінію, сплав магнію, електроліт, товщина оксидного шару.*

РЕЗЮМЕ. Рассмотрено влияние различных электролитов на функциональные характеристики покрытия, нанесенного методом плазмоэлектролитного оксидирования (ПЭО) на сплавах алюминия и магния. Показано влияние концентрации щелочи на формирование ПЭО покрытия. Рассмотрена целесообразность использования комбинированных электролитов, КОН (NaOH)–Na₂SiO₃ и различных добавок (глицерин, бура, фториды, наночастицы) для обеспечения высоких коррозионно-механических характеристик покрытия. Отмечено, что управлять составом и толщиной оксидных покрытий на легких сплавах можно путем выбора компонентов электролита и режимов ПЭО.

Ключевые слова: *плазмоэлектролитное оксидирование, сплав алюминия, сплав магния, электролит, толщина оксидного слоя.*

SUMMARY. The effect of various electrolytes on the functional characteristics of the coating deposited by plasma electrolyte oxidation (PEO) on aluminum and magnesium alloys is considered. The effect of alkali concentration on the formation of the PEO coatings is shown. The feasibility of using combined electrolytes, КОН (NaOH) – Na₂SiO₃ and various additives (glycerin, borax, fluorides, nanoparticles) to ensure high corrosion-mechanical characteristics of the coating is considered. It is noted that the composition and thickness of oxide coatings on light alloys can be controlled by choosing the electrolyte components and PEO modes.

Keywords: *plasma electrolyte oxidation, aluminum alloy, magnesium alloy, electrolyte, oxide layer thickness.*

Толстолюцька Г. Д., Ружицький В. В., Копанець І. С., Купрін О. С.,
Воеводін В. М., Білоус В. А., Василенко Р. Л. Особливості насичення
дейтерієм вакуумно-дугових покриттів на основі заліза 39

РЕЗЮМЕ. Досліджено накопичення дейтерію в покриттях зі сплавів FeCrAl і нержавної сталі та для порівняння в сплаві Zr1% Nb за їх насичення ізотопом водню – дейтерієм з газового середовища. Методом ядерних реакцій виміряні просторово-концентраційні розподіли дейтерію в покриттях після насичення за температури 450°C ($P_D = 2 \cdot 10^{-3}$ Pa, тривалість 120 min). Встановлено, що за досліджених температури і тиску дейтерій не проникає в об'єм покриттів, адсорбуючись у їхніх приповерхневих областях, з яких десорбується за температури нагріву на 20...30°C вище кімнатної.

Ключові слова: покриття, цирконій, насичення, дейтерій, розподіл концентрації, хімічний склад, морфологія.

РЕЗЮМЕ. Исследовано накопление дейтерия в покрытиях из сплавов FeCrAl и нержавеющей стали и для сравнения в сплаве Zr1%Nb в условиях их насыщения изотопом водорода – дейтерием из газовой среды. Методом ядерных реакций измерены пространственно-концентрационные распределения дейтерия в покрытиях после насыщения при температуре 450°C ($P_D = 2 \cdot 10^{-3}$ Pa, время 120 min). Установлено, что при исследованной температуре и давлении дейтерий не проникает в объем покрытий, адсорбируясь в их приповерхностных областях, из которых десорбируется при температуре нагрева на 20...30°C выше комнатной.

Ключевые слова: покрытие, цирконий, насыщение, дейтерий, распределение концентрации, химический состав, морфология.

SUMMARY. The deuterium accumulation in the FeCrAl coatings and stainless-steel and also for comparison in the Zr1%Nb alloy was studied under conditions of their saturation with a hydrogen isotope – deuterium from a gaseous phase. The method of nuclear reactions was used to measure the spatial distribution profiles of deuterium and in coatings after saturation at a temperature of 450°C ($P_D = 2 \cdot 10^{-3}$ Pa, time 120 min). It was established that at the studied temperature and pressure, deuterium did not penetrate into the coating volume, adsorbing in their surface regions, from which it was desorbed at a heating temperature of 20...30°C above the room temperature.

Keywords: coating, zirconium, saturation, deuterium, concentration distribution, chemical composition, morphology.

Голубець В. М., Довгунік В. М., Пашечко М. І., Корній С. А., Шпуляр Ю. С.
Фрикційна поведінка електроіскрових покриттів за умов граничного
мащення 47

РЕЗЮМЕ. Досліджено фрикційні характеристики пар тертя зі сталі 45 “диск–колодка (сегмент)” із нанесеними електроіскровими покриттями. Проаналізовано їх зносотривкість за граничного мащення, морфологію поверхневих шарів або вторинних структур, сформованих на контртілі під час тертя.

Ключові слова: електроіскрові покриття, зносотривкість, коефіцієнт тертя, морфологія, елементний аналіз.

РЕЗЮМЕ. Исследованы фрикционные характеристики пар трения из стали 45 “диск–колодка (сегмент)” с нанесенными электроискровыми покрытиями. Проанализирована их износостойкость при граничном смазывании, морфология поверхностных слоев или вторичных структур, сформированных на контртеле при трении.

Ключевые слова: электроискровые покрытия, износостойкость, коэффициент трения, морфология, элементный анализ.

SUMMARY. The frictional characteristics of friction pairs of 45 steel “disc–block (segment)” with electrospark coatings were investigated. Their wear resistance under boundary lubrication, morphology of surface layers, or secondary structures formed on the counterframe during friction were analyzed.

Keywords: *electrospark coatings, wear resistance, coefficient of friction, morphology, elemental analysis.*

Каплун П. В., Гончар В. А., Донченко Т. В. Кінетика зношування сталей з дифузійними покриттями за тертя кочення53

РЕЗЮМЕ. Встановлено, що на кінетику зношування сталей з дифузійними покриттями за тертя кочення суттєво впливають фізико-механічні властивості і фазовий склад покриттів, твердість основи, а також вид термічної і хіміко-термічної обробок. Залежність зношування від кількості циклів навантаження має параболічний характер. На контактну витривалість за кочення суттєво впливає співвідношення деформаційної складової і від проковзування. Деформаційна складова переважає за малої твердості покриття і основи та призводить до мінімальної контактної витривалості, а від проковзування – за максимальної твердості основи і спричиняє найбільшу контактну витривалість за тертя кочення.

Ключові слова: *кінетика зношування, йонне азотування, нітрогартування, середовище, твердість, основа.*

РЕЗЮМЕ. На кінетику изнашивания сталей с диффузионными покрытиями при трении качении большое влияние имеют физико-механические свойства и фазовый состав покрытий, твердость основы, а также вид термической и химико-термической обработок. Зависимость износа от количества циклов нагружения имеет параболический характер. На контактную выносливость при качении большое влияние имеет соотношение составляющих износа – деформационной и от проскальзывания. Деформационная составляющая является преобладающей в износе при малой твердости покрытия и основы и приводит к минимальной контактной выносливости. Составляющая от проскальзывания является преобладающей в износе при максимальной твердости основы и приводит к максимальной контактной выносливости при трении качении.

Ключевые слова: *кинетика изнашивания, ионное азотирование, нитрозакаливание, среда, твердость, основа.*

SUMMARY. In the process of rolling friction, kinetics of wear of steels with diffusion coatings is dependent on the physical-mechanical properties and phase composition of coatings, base hardness as well as the type of thermal and chemical-thermal processing. Dependence of wear on the number of loading cycles is always parabolic. The ratio of the components of wear – deformation and wear caused by slipping is of great importance. In case of the surface and a base low hardness, the deformation component prevails in wear, which leads to the minimal contact strength. When the base hardness is maximum, the component caused by slipping prevails in wear, which leads to the maximum contact strength in the process of rolling friction.

Keywords: *kinetics of wear, ion nitriding, nitroquenching, medium, hardness, base.*

Zhibin Zheng, Шамрава О. П., Лихошва В. П., Пелікан О. А., Kaihong Zheng.
Структура та властивості біметалевих відцентроволитих борошномельних вальців 61

РЕЗЮМЕ. Запропоновано спосіб підвищення зносо- і тріщиностійкості основних робочих органів вальцьових млинів. Біметалеві вальці (діаметр 252 mm, довжина 1620 mm) виготовляли шляхом послідовного заливання сплавів з подібними температурами фазових перетворень. Досліджено мікроструктуру, фазовий склад, перерозподіл легувальних елементів і властивості біметалевих матеріалів. Результати дослі-

дженів взято за основу під час розробки технологічного процесу виробництва біметалевих вальців методом відцентрового лиття. Реалізація цього способу дала можливість підвищити надійність і довговічність вальців під час експлуатації.

Ключові слова: *структурно-фазовий аналіз, залізовуглецеві низьколеговані сплави, метод відцентрового лиття; перехідна зона.*

РЕЗЮМЕ. Предложен способ повышения износо- и трещиностойкости основных рабочих органов вальцовых мельниц. Биметаллические вальцы (диаметр 252 mm, длина 1620 mm) изготавливали путем последовательной заливки сплавов с похожими температурами фазовых превращений. Исследованы микроструктура, фазовый состав, перераспределение легирующих элементов и свойства биметаллических материалов. Результаты исследований взяты за основу для разработки технологического процесса производства биметаллических вальцов методом центробежного литья. Реализация этого способа позволила повысить надежность и долговечность вальцов в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: *структурно-фазовый анализ, железоуглеродистые низколегированные сплавы, метод центробежного литья, переходная зона.*

SUMMARY. A way to increase the wear and crack resistance of the main working tools for roller mills is proposed. Bimetallic rollers (diameter – 252 mm, length – 1620 mm) were produced by sequential pouring of alloys with similar temperatures of the phase transformations. The microstructure, phase composition, redistribution of alloying elements and the properties of the bimetallic materials were studied. The results were taken as the basis for the development of a technological process for the production of bimetallic milling rollers by a centrifugal method of casting. The implementation of this method makes it possible to improve the reliability and durability of the rollers in the course of their operation.

Keywords: *structural phase analysis, iron-carbon low alloys, centrifugal casting method, transition area.*

Song Wen-Guang, Гембара О. В., Санужак Я. І. Математичне моделювання впливу водню на корозійну активність металоконструкцій 68

РЕЗЮМЕ. На базі відомих теоретичних концепцій і деяких експериментально обґрунтованих гіпотез побудовано математичну модель для опису дії дифузійно-рухомого водню на корозію матеріалів труб відповідальних металоконструкцій. Кількісно оцінено вплив наводнювання металу на швидкість корозії теплообмінного обладнання.

Ключові слова: *наводнювання, швидкість корозії, концентрація водню.*

РЕЗЮМЕ. На базе известных теоретических концепций и некоторых экспериментально обоснованных гипотез построена математическая модель для описания влияния диффузионно-подвижного водорода на коррозию материалов труб ответственных металлоконструкций. Количественно оценено влияние наводороживания металла на скорость коррозии теплообменного оборудования.

Ключевые слова: *наводороживание, скорость коррозии, концентрация водорода.*

SUMMARY. Based on well-known theoretical concepts and some experimentally substantiated hypotheses, a mathematical model was constructed to describe the effect of diffusive-mobile hydrogen on the corrosion of pipe materials of responsible metal structures. The influence of the hydrogenation of metal on the corrosion rate of heat exchange equipment was quantified.

Keywords: *hydrogenation, corrosion rate, hydrogen concentration.*

Прядко Т. В., Дехтяренко В. А., Школа А. А. Вплив оточуючого середовища під час лазерної обробки на тривкість титану до водневого окрихчення 76

РЕЗЮМЕ. Досліджено кінетичні параметри фізико-хімічної взаємодії з воднем відпаленого титану та титану з модифікованими лазерною обробкою поверхневими шарами, які відрізняються фазовим та хімічним складом від об'єму матеріалу. Визначено можливість досягнення максимального захисту матеріалу від проникнення водню для запобігання погіршення його експлуатаційних характеристик через появу водневої крихкості.

Ключові слова: титан, лазерна обробка, поверхневі шари, каталітична здатність, проникність водню, воднева крихкість.

РЕЗЮМЕ. Исследовано кинетические параметры физико-химического взаимодействия с водородом отожженного титана и титана с модифицированными лазерной обработкой поверхностными слоями, отличающиеся фазовым и химическим составом от объема материала. Определена возможность достижения максимальной защиты материала от проникновения водорода для предотвращения ухудшения его эксплуатационных характеристик, связанных с появлением водородной хрупкости.

Ключевые слова: титан, лазерная обработка, поверхностные слои, каталитическая способность, проницаемость водорода, водородная хрупкость.

SUMMARY. The kinetic parameters of physicochemical interaction with hydrogen of annealed titanium and titanium with modified laser treated surface layers, differing in phase and chemical composition from the material volume is investigated. The possibilities of achieving the maximum material protection against hydrogen penetration is determined to prevent deterioration of its operational characteristics, caused by the appearance of hydrogen brittleness.

Keywords: titanium, laser treatment, surface layers, catalytic activity, hydrogen permeability, hydrogen brittleness.

Скородинський І. С., Максимук О. В. Напружений стан в'язкопружного шару на жорсткій основі під дією зосередженого циклічного навантаження 82

РЕЗЮМЕ. У межах узагальненої двопараметричної моделі досліджено основні закономірності деформування нескінченного в'язкопружного шару на жорсткій основі за дії зосередженого циклічного навантаження. Змодельовано настання усталеного режиму деформування за періодичного негармонічного навантаження. Виявлено важливість врахування залишкових деформацій (переміщень) у шарі, виготовленому з матеріалу Кельвіна–Фойгта, та їхню роль під час оцінки швидкості настання усталеного режиму.

Ключові слова: в'язкопружний шар, узагальнена двопараметрична модель, циклічне навантаження, вертикальне переміщення, усталений режим, залишкові деформації.

РЕЗЮМЕ. В рамках обобщенной двухпараметрической модели исследованы основные закономерности деформирования бесконечного вязкоупругого слоя на жестком основании при действии сосредоточенной циклической нагрузки. Смоделировано наступление установившегося режима деформирования при периодическом негармоническом нагружении. Выявлена важность учета остаточных деформаций (перемещений) в слое, изготовленном из материала Кельвина–Фойгта, и их роль при оценке скорости наступления установившегося режима.

Ключевые слова: вязкоупругий слой, обобщенная двухпараметрическая модель, циклическая нагрузка, вертикальное перемещение, установившийся режим, остаточные деформации.

SUMMARY. The basic regularities of deformation of an infinite viscoelastic layer on the rigid foundation subjected to concentrated cyclic load are investigated in the frames of generalized two-parameter model. The reaching of the steady-state regime of deformation under periodic, non-harmonic loading has been modeled. The importance of accounting of residual strains (displacements) in the layer made of the Kelvin–Voigt material and their role in the estimate of the rate of reaching of the steady-state regime is revealed.

Keywords: *viscoelastic layer, generalized two-parameter model, cyclic load, vertical displacement, steady-state regime, residual strains.*

Кривень В. А., Бойко А. Р., Валяшек В. Б., Цимбалюк Л. І. Пластичне відшаровування періодичної системи тонких примезових включень 89

РЕЗЮМЕ. Отримано числово-аналітичний розв’язок антиплоскої задачі про напружено-деформований стан пружно-пластичного півпростору із періодичною системою тонких жорстких тунельних паралельних межі півпростору включень, які до навантаження перебували в однобічному механічному зв’язку з середовищем. Визначено напружено-деформований стан і досліджено пластичне відшаровування включень. Побудовано діаграми критичного навантаження в координатах геометричних параметрів системи включень за умови сталості критичної довжини міжфазних пластичних смуг.

Ключові слова: *однобічно відшароване включення, міжфазні пластичні смуги, антиплоска деформація, періодична система включень.*

РЕЗЮМЕ. Получено численно-аналитическое решение антиплоской задачи о напряженно-деформированном состоянии упруго-пластического полупространства, содержащего периодическую систему тонких жестких туннельных включений в плоскости, параллельной границе полупространства. Предполагается, что изначально включения находились в одностороннем механическом контакте со средой. Исследовано квазистатическое пластическое отслаивание включений. Построены диаграммы критических нагрузок в пространстве геометрических параметров системы включений.

Ключевые слова: *одностороннее отслоившееся включение, межфазные пластические полосы, антиплоская деформация, периодическая система включений.*

SUMMARY. The numerical-analytic solution of the anti-plane problem on the stress-strain state of an elastic-plastic semi-space with a periodic system of thin rigid tunnel inclusions in a plane parallel to the semi-space is obtained. It is assumed that the inclusions were in unilateral mechanical contact with an environment before the load was put on. Quasi-static plastic delamination of inclusions is investigated. The critical diagrams of loads in a space of geometric parameters of the inclusions system are built.

Keywords: *unilateral exfoliated inclusion, interphase plastic strips, anti-plane deformation, system of periodic inclusions.*

Острик В. І. Часткове розкриття півнескінченної тріщини на межі пружної смуги і жорсткої стінки 94

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано стиск і зсув пружної смуги з півнескінченною тріщиною на межі смуги і жорсткої стінки. Тріщина розкрита всередині та закрита на краях, де її береги знаходяться в умовах фрикційного проковзування. Із застосуванням методу Вінера–Гопфа систему інтегральних рівнянь задачі зведено до нескінченної системи алгебричних рівнянь. Знайдено коефіцієнт інтенсивності напружень та розкриття тріщини.

Ключові слова: *міжфазна тріщина, пружна смуга, тертя, ковзний контакт, метод Вінера–Гопфа.*

РЕЗЮМЕ. Проанализированы сжатие и сдвиг упругой полосы с полубесконечной трещиной на границе полосы и жесткой стенки. Трещина раскрыта внутри и за-

крыта на краях, где ее берега находятся в условиях фрикционного проскальзывания. С применением метода Винера–Хопфа система интегральных уравнений задачи сведена к бесконечной системе алгебраических уравнений. Найдены коэффициент интенсивности напряжений и раскрытие трещины.

Ключевые слова: межфазная трещина, упругая полоса, трение, скользящий контакт, метод Винера–Хопфа.

SUMMARY. The compression and shear of an elastic strip containing a semi-infinite crack at the edge of the strip and rigid wall are analyzed. The crack is open in the middle while it is closed at the edges, where its surfaces are in the state of friction sliding. Applying the Wiener–Hopf method, the system of integral equations is reduced to the infinite system of algebraic equations. The stress intensity factor is found as well as the crack opening.

Keywords: interface crack, elastic strip, friction, sliding contact, Wiener–Hopf method.

Стацюк М. Г., Ірза Є. М. Оптимізація режимів термообробки елементів конструкцій з функціонально-градієнтних матеріалів 101

РЕЗЮМЕ. Запропоновано методику керування швидкістю теплових режимів за теплового навантаження тіл обертання з функціонально-градієнтних матеріалів, яка ґрунтується на числових методах. Для розв’язування прямих задач використано метод зважених залишків у поєднанні з методом скінченних елементів. Розв’язок сформульованої екстремальної задачі заснований на принципі поетапної параметричної оптимізації.

Ключові слова: термомпружний стан, тіло обертання, функціонально-градієнтний матеріал, метод скінченних елементів, порожнистий циліндр, оптимізація режимів.

РЕЗЮМЕ. Предложена методика управления быстродействием тепловых режимов при тепловой нагрузке тел вращения из функционально-градиентных материалов, которая базируется на числовых методах. Для решения прямых задач использован метод взвешенных остатков в сочетании с методом конечных элементов. Решение сформулированной экстремальной задачи построено на принципе поэтапной параметрической оптимизации.

Ключевые слова: термонапряженное состояние, тело вращения, функционально-градиентный материал, метод конечных элементов, полый цилиндр, оптимизация режимов.

SUMMARY. A technique is proposed to control the speed of thermal conditions under thermal load of bodies of revolution of functionally gradient materials. The construction of solutions of the class of problems under consideration is based on numerical methods. To solve direct problems, the method of weighted residuals in combination with the finite element method is used. The solution of the formulated extremal problem is based on the principle of step-by-step parametric optimization.

Keywords: thermal stress state, body of revolution, functional gradient material, finite element method, hollow cylinder, optimization modes.

Андрейків О. Є., Бабій А. В., Долінська І. Я., Матвійів Ю. Я. Визначення залишкового ресурсу штанги польового обприскувача за маневрового режиму навантаження..... 106

РЕЗЮМЕ. Сформульовано розрахункову модель для визначення залишкового ресурсу штанги польового обприскувача за маневрового режиму навантаження (усталені коливання секцій штанги разом з поодинокими поштовхами через нерівну поверхню поля). В основу моделі покладено розроблений раніше енергетичний підхід і запропоновано схему маневрового навантаження. Розрахункову модель реалізовано під час визначення залишкового ресурсу штанги обприскувача широкою розгортки зі сталі Ст.3 за маневрового режиму навантаження конкретних параметрів.

Ключові слова: маневровий режим навантаження, штанга польового обприскувача широкої розгортки, залишковий ресурс, кінетична діаграма росту втомної тріщини, період докритичного росту втомної тріщини.

РЕЗЮМЕ. Сформулирована расчетная модель для определения остаточного ресурса штанги полевого опрыскивателя при маневренном режиме нагрузки (устоявшиеся колебания секций штанги вместе с одиночными толчками через неровную поверхность поля). В основу модели положен разработанный ранее энергетический подход и предложена схема маневренной нагрузки. Расчетная модель реализована для определения остаточного ресурса штанги опрыскивателя широкой развертки из стали Ст.3 при маневренном режиме нагрузки конкретных параметров.

Ключевые слова: маневренный режим нагрузки, штанга полевого опрыскивателя широкой развертки, остаточный ресурс, кинетическая диаграмма роста усталостной трещины, период докритического роста усталостной трещины.

SUMMARY. A calculation model is formulated to determine the residual life of the field sprayer boom under the maneuverable loading mode steady oscillations of the rod sections together with single shocks caused by field surface irregularities. This model is based on the energy approach developed earlier by the authors and a scheme of maneuverable load is proposed. This calculation model is used determining the residual life of a wide sweep St.3 steel sprayer during maneuvering loading of specific parameters.

Keyword: maneuvering loading mode, wide sweep field sprayer boom, residual life, kinetic diagram of fatigue crack growth, period to subcritical growth of fatigue crack.

Волошин В. А. Циклічна корозійна тріщиностійкість експлуатованого зварного з'єднання трубної сталі 17Г1С 112

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано вплив низки чинників на циклічну тріщиностійкість основного металу і металу стикового кільцевого шва трубної сталі 17Г1С у вихідному стані та після 30 років експлуатації на магістральному газопроводі: модельного ґрунтового середовища NS4, асиметрії циклу навантаження $R = 0,1$ і $0,9$, а також потенціалу катодного захисту $-0,98$ V. Встановлено, що тривала експлуатація сталі максимально посилює негативний вплив ґрунтового середовища на її циклічну корозійну тріщиностійкість за високої асиметрії циклу навантаження та потенціалу катодного захисту.

Ключові слова: труба газопроводу, метал шва, швидкість росту тріщини, ґрунтове середовище, катодна поляризація.

РЕЗЮМЕ. Проанализировано влияние ряда факторов на циклическую трещиностойкость основного металла и металла стыкового кольцевого шва трубной стали 17Г1С в исходном состоянии и после 30 лет эксплуатации на магистральном газопроводе: модельной почвенной среды NS4, асимметрии цикла нагрузки $R = 0,1$ и $0,9$, а также потенциала катодной защиты $-0,98$ V. Установлено, что длительная эксплуатация стали максимально усиливает негативное влияние почвенной среды на ее коррозионно-циклическую трещиностойкость при сочетании высокой асимметрии цикла нагрузки и потенциала катодной защиты.

Ключевые слова: труба газопровода, металл шва, скорость роста трещины, почвенная среда, катодная поляризация.

SUMMARY. The influence of a number of factors on fatigue crack growth of the base metal and the butt weld metal of 17Г1С pipe steel in the as-received state and after 30 years of operation on the main gas transit pipeline: model soil environment NS4, loading ratio $R = 0.1$ and 0.9 , as well as cathode protection potential -0.98 V. It has been established that long-term operation of steel maximizes the negative influence of the soil environment on its corrosion fatigue crack growth under combined action of high loading ratio and cathodic protection potential.

Keywords: *gas pipeline, weld metal, crack growth rate, soil environment, cathodic polarization.*

Копей Б. В., Звірко О. І., Венгринюк Т. П., Слободян З. В., Штойко І. П.

Підвищення втомної міцності насосних штанг обробкою спеціальним середовищем 118

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано причини експлуатаційної втрати цілісності сталених насосних штанг внаслідок втомного руйнування їх основної частини, зумовленого розвитком поверхневих тріщин. Для підвищення довговічності штанг запропоновано використовувати спеціальне рідке технологічне середовище, яке гальмує ріст втомних тріщин, штучно створюючи ефект їх закриття. Виконано напівнатурні експерименти тривало експлуатованих штанг зі сталей 35ХМ та 20Н2М на багатоциклову втому. Виявлено, з одного боку, суттєвий негативний вплив на втомну витривалість 3% розчину NaCl, а з іншого – значний позитивний ефект технологічного середовища, який проявився у підвищенні втомної міцності штанг не тільки в корозійному середовищі, але й у повітрі. Для практичної реалізації методу в польових умовах розроблено конструкцію камери, яка кріпиться на штанзі та охоплює її частину.

Ключові слова: *насосні штанги, втомна міцність, штучний ефект закриття втомних тріщин, зупинка тріщин.*

РЕЗЮМЕ. Проанализированы причины эксплуатационной потери целостности стальных насосных штанг вследствие усталостного разрушения их основной части, обусловленного развитием поверхностных трещин. Для повышения долговечности штанг предложено использовать специальную жидкую технологическую среду, которая тормозит рост усталостных трещин, создавая искусственный эффект их закрытия. Проведены полунатурные эксперименты длительно эксплуатируемых штанг из сталей 35ХМ и 20Н2М на многоцикловую усталость. Выведено, с одной стороны, существенное отрицательное влияние на усталостную выносливость 3% раствора NaCl, а с другой – значительный положительный эффект технологической среды, проявившийся в существенном повышении усталостной прочности штанг в сравнении с испытаниями не только в коррозионной среде, но и на воздухе. Для практической реализации метода в полевых условиях разработана конструкция камеры, которая крепится на штанге и охватывает ее часть.

Ключевые слова: *насосные штанги, усталостная прочность, искусственный эффект закрытия усталостных трещин, остановка трещин.*

SUMMARY. The causes of operating loss of steel sucker rods integrity due to fatigue fracture of their main part associated with surface crack propagation are analysed. To increase the lifetime of rods it is proposed to use a special liquid technological medium, which retards fatigue cracks growth creating artificial crack closure effect. Scaled-down experiments on high cycle fatigue of long-term operated rods made of 35ХМ and 20Н2М steels were carried out. It was revealed, on the one hand, the considerable negative influence on fatigue durability of 3% NaCl solution, and on the other – the significant positive effect of technological environment. The substantial increase of fatigue durability of rods in comparing to the tests carried out not only in corrosion environment but also in air was observed. For practical realization of the method in field conditions the construction of chamber fixed on a rod and covering its part was developed.

Keywords: *sucker rods, fatigue durability, artificial effect of fatigue cracks closing, arrest of cracks.*

Шона Т. В. Поперечні коливання ортотропної пластини з отворами

та включеннями 124

РЕЗЮМЕ. У межах уточненої моделі, яка враховує деформацію поперечного зсуву та інерційні компоненти, розглянуто задачу про усталені коливання ортотропної пластини, яка містить одночасно отвори та абсолютно жорсткі включення. Вклю-

чення мають різні типи з'єднань з пластиною. Досліджено поступальний рух включень у нормальному напрямку до серединної поверхні пластини. Проаналізовано різні гармонічні в часі крайові умови як на зовнішній межі пластини, так і на контурах отворів. На основі непрямого методу граничних елементів та секвенціального підходу до зображення функцій Гріна крайову задачу зведено до системи інтегральних рівнянь та співвідношень, яку розв'язано методом колокацій. Наведено числові результати для прямокутної пластини з круглими отвором та включенням.

Ключові слова: *коливання, ортотропна пластина, отвори, включення, непрямий метод граничних елементів.*

РЕЗЮМЕ. В рамках уточненої моделі, улічуючої деформацію поперечно-го сдвига, а також інерційні компоненти, розглянута задача об установившихся коливаннях ортотропної пластини з отворами і абсолютно жорсткими включеннями. Включення мають різні типи з'єднань з пластиною. Исследовано поступательное движение включений в нормальном к средней поверхности пластины направлении. Рассмотрены разные гармонические во времени краевые условия как на внешней границе пластины, так и на контурах отверстий. На основе непрямого метода граничных элементов и секвенциального подхода к изображению функций Грина краевую задачу сведено к системе интегральных уравнений и соотношений, которую решено методом коллокаций. Приведены численные результаты для прямоугольной пластины с круглыми отверстием и включением.

Ключевые слова: *колебания, ортотропная пластина, отверстия, включения, непрямой метод граничных элементов.*

SUMMARY. In the framework of the refined theory, which takes into account transverse shear deformation and inertial components, the problem on the steady state vibrations of the orthotropic plate with holes and rigid inclusions is considered. Inclusions have different types of connections with the plate. The case of the translational motion of the inclusions along the normal direction to the middle surface of the plate is investigated. Different harmonic in time boundary conditions are considered both on the external boundary of the plate and on the contours of the cutouts. On the basis of the indirect boundary elements method and the sequential approach to representation of Green's functions the boundary value problem is reduced to the system of integral equations and integral relations and is solved by the collocation method. Numerical results for the rectangular plate with circular hole and circular inclusion are presented.

Keywords: *vibrations, orthotropic plate, holes, inclusions, indirect boundary elements method.*

СОДЕРЖАНИЕ

От главного редактора	7
<i>Вербовицкий Ю. В., Березовец В. В., Киця А. Р., Завалий И. Ю., Яртысь В. А.</i> Использование реакции гидролиза MgH_2 для генерирования водорода	9
<i>Васылив Б. Д., Подгурская В. Я., Остап О. П., Полишко И. А., Бродниковский Е. Н., Иванченко С. Э., Васильев А. Д.</i> Влияние рабочей среды топливных ячеек на структуру и физико-механические характеристики керамики системы $ZrO_2-Y_2O_3-NiO$	21
<i>Бродниковский Н. П., Кузнецова Т. Л., Рокицкая Е. А., Зубец Ю. Ю.</i> Выбор состава многокомпонентного сплава системы Nb-Ti-Al-X с повышенными жаропрочностью, жаростойкостью и технологичностью	27
<i>Чумало Г. В., Посувайло В. Н., Харченко Е. В., Палюх В. М.</i> Влияние состава электролитов на свойства плазмoeлектролитных оксидных покрытий на легких сплавах	32
<i>Толстоуцкая Г. Д., Ружицкий В. В., Копанец И. Е., Куприн А. С., Воеводин В. Н., Билоус В. А., Василенко Р. Л.</i> Особенности насыщения дейтерием вакуумно-дуговых покрытий на основе железа	39
<i>Голубец В. М., Довгуньк В. М., Пашечко М. И., Корний С. А., Штуляр Ю. С.</i> Фрикционное поведение электроискровых покрытий в условиях граничного трения	47
<i>Каплун П. В., Гончар В. А., Донченко Т. В.</i> Кинетика изнашивания сталей с диффузионными покрытиями при трении качения	53
<i>Zhibin Zheng, Шатрава А. П., Лихошва В. П., Пеликан О. А., Kaihong Zheng.</i> Структура и свойства биметаллических центробежнолитых мукомольных вальцов	61
<i>Song Wen-Guang, Гембара О. В., Санужак Я. И.</i> Математическое моделирование влияния водорода на коррозионную активность металлоконструкций.....	68
<i>Прядко Т. В., Дехтяренко В. А., Школа А. А.</i> Влияние окружающей среды во время лазерной обработки на устойчивость титана к водородной хрупкости	76
<i>Скородинский И. С., Максимук А. В.</i> Напряженное состояние вязкоупругого слоя на жестком основании при воздействии сосредоточенной циклической нагрузки	82
<i>Кривень В. А., Бойко А. Р., Валяшек В. Б., Цымбалюк Л. И.</i> Пластическое отслаивание периодической системы тонких приграничных включений.....	89
<i>Острик В. И.</i> Частичное раскрытие полубесконечной трещины на границе упругой полосы и жесткой стенки	94
<i>Стацук Н. Г., Ирза Е. М.</i> Оптимизация режимов термообработки элементов конструкций из функционально-градиентных материалов.....	101
<i>Андрейкив А. Е., Бабий А. В., Долинская И. Я., Матвиив Ю. Я.</i> Определение остаточного ресурса штанги полевого опрыскивателя при маневренном режиме нагрузки	106
<i>Волошин В. А.</i> Циклическая коррозионная трещиностойкость эксплуатированного сварного соединения трубной стали 17Г1С.....	112
<i>Копей Б. В., Звирко О. И., Венгринок Т. П., Слободян З. В., Штойко И. П.</i> Повышение усталостной прочности насосных штанг обработкой специальной средой.....	118
<i>Шона Т. В.</i> Поперечные колебания ортотропной пластины с отверстиями и включениями.....	124

CONTENTS

Editor-in-Chief's remark	7
<i>Verbovytskyi Yu. V., Berezovets V. V., Kytsya A. R., Zavalii I. Yu., and Yartys V. A.</i> Hydrogen generation by hydrolysis of MgH_2	9
<i>Vasyliiv B. D., Podhurska V. Ya., Ostash O. P., Polishko I. O., Brodnikovskiy Ye. M., Ivanchenko S. E., and Vasyliiev O. D.</i> The influence of the fuel cell working environment on the structure and physico- mechanical characteristics of ZrO_2 - Y_2O_3 -NiO ceramics	21
<i>Brodnikovskiy N. P., Kuznetsova T. L., Rokytska O. A., and Zubets Y. Y.</i> The choice of the multi-component composition of Nb-Ti-Al niobium alloy with increased specific high temperature strength, heat resistance, and manufacturability	27
<i>Chumalo H. V., Posuvailo V. M., Kharchenko Ye. V., and Palyukh V. M.</i> The influence of electrolyte composition on the properties of plasma electrolytic oxide coatings on light alloys.....	32
<i>Tolstolutska G. D., Ruzhytskyi V. V., Kopanets I. Ye., Kuprin O. S., Voyevodin V. M., Bilous V. A., and Vasylenko R. L.</i> Peculiarities of saturation with deuterium of vacuum-arc coatings based on iron	39
<i>Holubets V. M., Dovhunyuk V. M., Pashechko M. I., Korniy S. A., and Shpuliiar Yu. S.</i> Frictional behavior of electric arc coatings under conditions of boundary lubrication.....	47
<i>Kaplun P. V., Gonchar V. A., and Donchenko T. V.</i> Kinetics of wear of steels with diffusion coatings under rolling friction	53
<i>Zhibin Zheng, Shatrava A. P., Likhoshva V. P., Pelikan O. A., and Kaihong Zheng.</i> Structure and properties of bimetallic centrifugally cast flour milling rollers	61
<i>Wen-Guang Song, Hembara O. V., and Sapuzhak Ya. I.</i> Mathematical modeling of hydrogen influence on corrosion activity of steel structures	68
<i>Pryadko T. V., Dekhtyarenko V. A., and Shkola A. A.</i> The influence of environment during laser treatment on titanium hydrogen embrittlement resistance	76
<i>Skorodynskiy I. S. and Maksymuk O. V.</i> The stress state of the viscoelastic layer on the rigid base subjected to concentrated cyclic load	82
<i>Kryven V. A., Boiko A. R., Valiashek V. B., and Tsymbaliuk L. I.</i> Plastic exfoliation of the periodic system of thin adjoining inclusions	89
<i>Ostryk V. I.</i> Partially opened semi-infinite crack at the edge of an elastic strip and rigid wall	94
<i>Stashchuk M. H. and Irza Ye. M.</i> Optimization of heat treatment modes of structural elements of functionally gradient materials.....	101
<i>Andreikiv O. Ye., Babii A. V., Dolinska I. Ya., and Matviiv Yu. Ya.</i> Determination of residual life time of the field sprinkler bar-bell for manoeuvring mode of loading.....	106
<i>Voloshyn V. A.</i> Fatigue crack propagation resistance of the operated welded joint of 17Г1С pipe steel	112
<i>Kopei B. V., Zvirko O. I., Venhryniuk T. P., Slobodian Z. V., and Shtoiko I. P.</i> Increase of fatigue strength of pumping rods with treatment by a special technological environment.....	118
<i>Shopa T. V.</i> Transverse oscillations of an orthotropic plate with holes and inclusions	124