

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 55, № 1, 2019
січень – лютий
ЛЬВІВ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

EDITORIAL BOARD

V. V. PANASYUK (Editor-in-Chief), *V. M. FEDIRKO* (Deputy Editor-in-Chief), *R. R. KOKOT* (Secretary), *O. Ye. ANDREIKIV*, *S. A. BYCHKOV*, *I. M. DMYTRAKH*, *V. V. FEDOROV*, *S. O. FIRSTOV*, *R. Ye. GLADYSHEVSKII*, *M. S. KHOMA*, *H. S. KIT*, *R. M. KUSHNIR*, *L. M. LOBANOV*, *Z. T. NAZARCHUK*, *H. M. NYKYFORCHYN*, *I. V. ORYNIAK*, *O. P. OSTASH*, *V. I. POKHMURSKII*, *O. V. RESHETNYAK*, *M. P. SAVRUK*, *Z. A. STOTSKO*, *O. V. SUBERLYAK*, *H. T. SULYM*, *L. O. VASYLECHKO*, *P. V. YASNII*, *I. Yu. ZAVALIY*, *I. M. ZIN'*

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

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

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

Адреса редакції: 79601, Львів МСП, Наукова, 5. Фізико-механічний інститут
ім. Г. В. Карпенка НАН України. Тел.: (032) 263-73-74,
(032) 229-62-30. Факс: (032) 264-94-27.
E-mail: journal.pcmm@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.pcmm@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 18.02.2019. Формат 70×108/16. Папір офсетний № 1. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 12.
Умовн. фарбо-відбитків 12,5. Тираж 200 прим. Замовлення 180219 від 18.02.2019. 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", 2019

ЗМІСТ

<i>Пріхна Т. О., Подгурська В. Я., Остап О. П., Василь Б. Д., Свердун В. Б., Карпець М. В., Сербенюк Т. В.</i> Вплив технології отримання композитів на основі МАХ-фаз титану на зношування в контакт з міддю. Ч. 2. Одностадійна технологія.....	7
<i>Басараба Ю. Б., Засадний Т. М., Луцишин Т. І., Марчук І. Є.</i> Вплив високоенергетичного помелу у водні на структурно-фазовий стан сплавів на основі фаз Лавеса	14
<i>Бойчишин Л. М., Хруцик Х. І., Ковбуз М. О., Герцик О. М., Гула Т. Г.</i> Особливості переходу аморфних сплавів $Al_{87}P3M_5Ni_8(Fe)$ у кристалічний стан внаслідок температурного впливу	21
<i>Губенко С. І.</i> Трансформація неметалевих включень у сталях за високотемпературного нагріву	30
<i>Бабак В. П., Щепетов В. В., Гладкий Я. Н., Супрун Т. Т., Бись С. С.</i> Структурна регенерація покривів під час тертя	35
<i>Лукашевич А.</i> Температурне поле у зоні контакту під час ротаційного зварювання металів тертям	41
<i>Vinas J., Brezina J., Brezina J., Maruschak P. O.</i> Структура та механічні властивості лазерних зварних з'єднань сталевих пластин з цинковими покривами.....	47
<i>Коломієць В. В., Антощенков Р. В., Рідний Р. В., Богданович С. А., Фабричникова І. А.</i> Оптимізація процесу оброблювання неоднорідних наплавлених деталей тракторів.....	52
<i>Огородніков В. А., Архіпова Т. Ф.</i> Прогнозування механічних властивостей металів після холодного оброблення тиском.....	61
<i>Гуцаленко Ю. Г., Севидова О. К., Степанова І. І.</i> Вплив режимів плазмоелектролітного оксидування на діелектричні властивості покривів на сплаві Д16Т.....	66
<i>Паращук Л. Я., Атаманюк В. В., Смичок В. Д.</i> Розроблення складу комплексного розширеного додатку та його вплив на міцність бетону	72
<i>Дацишин О. П., Глазов А. Ю., Ленковський Т. М.</i> Оцінювання контактної довговічності сталі 65Г за критерієм відшарування	80
<i>Шопа Т. В.</i> Поперечні коливання ортотропної пластини з множиною включень довільної конфігурації з різними типами з'єднань з матрицею	89
<i>Гарматій Г. Ю., Попович В. С., Круль М.</i> Вплив термочутливості матеріалу на неусталений тепловий стан багатошарової пластини	98
<i>Кирилова О. І., Михаськів В. В.</i> Гармонічні коливання та резонансні ефекти за позовжнього зсуву порожнистого пружного циліндра з тріщиною	105
<i>Стасюк Б. М., Крет Н. В., Звірко О. І., Штойко І. П.</i> Аналіз напруженого стану труби газопроводу з макродефектом, ініційованим воднем	113
<i>Васильєв Г. С.</i> Адаптація методу поляризаційного опору для визначення швидкості корозії за утворення важкорозчинних залізооксидних осадів	119
<i>Стечишин М. С., Скиба М. Є., Сухенко Ю. Г., Цепенюк М. І.</i> Втомна міцність азотованих сталей у корозивно-активних середовищах харчових виробництв.....	125
У НАУКОВИХ КОЛАХ	
<i>Куриляк Д. Б.</i> Проблеми технічної діагностики та дистанційного зондування	130
<i>Лук'яненко О. Г.</i> Проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів	132
<i>Рацька Н. Б.</i> Корозія. Захист металів від корозії	134
<i>Франкевич Л. Ф.</i> Захист дисертацій	137
<i>Греділь М. І.</i> Шоста міжнародна конференція "Механіка руйнування матеріалів і цілісність конструкцій" (FMSI 2019).....	143
НАШІ ВТРАТИ	
<i>Пам'яті Ігоря Івановича Василенка.....</i>	144

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Прихна Т. А., Подгурска В. Я., Остап О. П., Васылив Б. Д., Свердун В. Б., Карпец М. В., Сербенюк Т. В.</i> Влияние технологии получения композитов на основе МАХ-фаз титана на износ в контакте с медью. Ч. 2. Одностадийная технология.....	7
<i>Басараба Ю. Б., Засадный Т. М., Луцишин Т. И., Марчук И. Е.</i> Влияние высокоэнергетического помола в водороде на структурно-фазовое состояние сплавов на основе фаз Лавеса	14
<i>Бойчишин Л. М., Хруцик Х. И., Ковбуз М. А., Герцык О. М., Гула Т. Г.</i> Особенности перехода аморфных сплавов $Al_{87}P_{3}M_{5}Ni_{8}(Fe)$ в кристаллическое состояние в результате температурного воздействия.....	21
<i>Губенко С. И.</i> Трансформация неметаллических включений в сталях при высокотемпературном нагреве	30
<i>Бабак В. П., Щепетов В. В., Гладкий Я. Н., Супрун Т. Т., Бысь С. С.</i> Структурная регенерация покрытий при трении	35
<i>Лукашевич А.</i> Температурное поле в зоне контакта при ротационной сварке металлов трением.....	41
<i>Vinas J., Brezina J., Maruschak P. O.</i> Структура и механические свойства лазерных сварных соединений стальных пластин с цинковыми покрытиями	47
<i>Коломиец В. В., Антощенко Р. В., Ридный Р. В., Богданович С. А., Фабричникова И. А.</i> Оптимизация процесса обработки неоднородных наплавленных деталей тракторов	52
<i>Огородников В. А., Архипова Т. Ф.</i> Прогнозирование механических свойств металлов после холодной обработки давлением	61
<i>Гуцаленко Ю. Г., Севидова Е. К., Степанова И. И.</i> Влияние режимов плазмозлектролитического оксидирования на диэлектрические свойства покрытий на сплаве Д16Т.....	66
<i>Паращук Л. Я., Атаманюк В. В., Смычок В. Д.</i> Разработка состава комплексной расширяющей добавки и ее влияние на прочность бетона	72
<i>Дацышин А. П., Глазов А. Ю., Ленковский Т. М.</i> Оценивание контактной долговечности стали 65Г по критерию отслаивания	80
<i>Шопа Т. В.</i> Поперечные колебания ортотропной пластины с множеством включений произвольной конфигурации с разными типами соединений с матрицей.....	89
<i>Гарматий Г. Ю., [Попович В. С.], Круль М.</i> Влияние термочувствительности материала на неустановившееся тепловое состояние многослойной пластины	98
<i>Кирилова О. И., Михаськив В. В.</i> Гармонические колебания и резонансные эффекты при продольном сдвиге полого упругого цилиндра с трещиной.....	105
<i>Стасюк Б. М., Крет Н. В., Звирко О. И., Штойко И. П.</i> Анализ напряженного состояния трубы газопровода с макродефектом, инициированным водородом	113
<i>Васильев Г. С.</i> Адаптация метода поляризационного сопротивления для определения скорости коррозии при образовании труднорастворимых железоксидных осадков.....	119
<i>Стечишин М. С., Скыба Н. Е., Сухенко Ю. Г., Цепенюк М. И.</i> Усталостная прочность азотированных сталей в коррозионно-активных средах пищевых производств.....	125
В НАУЧНЫХ КРУГАХ	
<i>Курыляк Д. Б.</i> Проблемы технической диагностики и дистанционного зондирования....	130
<i>Лукьяненко А. Г.</i> Проблемы материаловедения и инженерии поверхности металлов.....	132
<i>Рацкая Н. Б.</i> Коррозия. Защита металлов от коррозии.....	134
<i>Франкевич Л. Ф.</i> Защита диссертаций.....	137
<i>Гредиль М. И.</i> Шестая международная конференция “Механика разрушения материалов и целостность конструкций” (FMSI 2019).....	143
НАШИ ПОТЕРИ	
Памяти Игоря Ивановича Василенка	144

CONTENTS

Prikhna T. O., Podhurska V. Ya., Ostash O. P., Vasylyv B. D., Sverdun V. B., Karpets M. V., and Serbeniuk T. B. The influence of technology of obtaining composites based on titanium MAX-phases on wear under contact with copper. Part 2. One-step technology7

РЕЗЮМЕ. Досліджено мікротвердість, мікромеханізм і опір руйнуванню за статичного згину та зносотривкість кандидатних матеріалів для електроконтактної вставки пантографа трамвая у парі з матеріалом контактного проводу силової електричної мережі. Матеріалами для вставки були композити на основі МАХ-фаз Ti_3AlC_2 і Ti_2AlC , отримані за одностадійною технологією (гаряче пресування), які порівнювали з раніше дослідженими композитами після синтезу у вакуумі і гарячого пресування (двостадійна технологія) та алюмінієвим сплавом, з якого виготовляють вставки пантографів в Україні. Встановлено, що опір зношуванню матеріалів, отриманих за одно- і двостадійною технологією, практично однаковий і набагато вищий, ніж алюмінієвого сплаву. Проте вони по-різному впливають на зношування міді в трибопарі композит (алюмінієвий сплав)–мідь марки М1. Найменше мідне контртіло зношується за використання поруватого композиту, просоченого розчином гліцерину. Тоді зносотривкість міді у 50 разів вища, ніж у парі з алюмінієвим сплавом.

РЕЗЮМЕ. Исследованы микротвердость, микромеханизм и сопротивление разрушению при статическом изгибе, а также износостойкость кандидатных материалов для электроконтактной вставки пантографа трамвая в паре с материалом контактного провода силовой электрической сети. Материалами для вставки были композиты на основе МАХ-фаз Ti_3AlC_2 и Ti_2AlC , полученные при одностадийной технологии (горячее прессование), которые сравнивали с ранее полученными после синтеза в вакууме и горячего прессования (двухстадийная технология) и алюминиевым сплавом, из которого изготавливают вставки пантографов в Украине. Установлено, что износостойкость материалов, полученных по одно- и двухстадийной технологии, практически одинакова и намного выше, чем алюминиевого сплава. Однако они по-разному влияют на износ меди в трибопаре композит (алюминиевый сплав)–медь марки М1. Наименьшего износа медного контртела достигнуто при использовании пористого композита, пропитанного раствором глицерина. В этом случае износостойкость меди в 50 раз больше, нежели в паре с алюминиевым сплавом.

SUMMARY. Microhardness, micromechanism and resistance to fracture damage under static bending and wear resistance of candidate materials for electric contact insertion of a tram pantograph in pair with the material of the contact wire of the electric power network have been investigated. Materials for insertion are composites based on MAX-films Ti_3AlC_2 and Ti_2AlC , obtained by the one-stage technology (hot compression) which, compared to previously investigated composites after vacuum synthesis and hot pressing (two-stage technology) and aluminum alloy, used for the manufacture of inserts of pantographs in Ukraine. It has been established that the resistance to wear of materials obtained by one- and two-stage technology is practically the same and much higher than that of an aluminum alloy. However, they vary in the way that the copper is worn out in the tribo-couple composite (aluminum alloy) – M1 copper. It is found that the least deterioration of a copper counter-body is achieved by using porous composite impregnated with glycerine solution. Then the wear resistance of copper is 50 times greater than that in the pair with aluminum alloy.

Basaraba Yu. B., Zasadnyi T. M., Lutsyshyn T. I., and Marchuk I. Ye. The influence of high-energy milling in hydrogen on phase-structural state of alloys based on the Laves phases 14

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано вплив високоенергетичного помелу у планетарному млині в атмосфері водню на структуру і фазовий склад сплавів на основі фаз Лавеса. Досліджено сплави $ZrMn_2$ і $ZrCrNi$, які у вихідному стані містять гексагональну фазу Лавеса типу $MgZn_2$. Зміну їх фазово-структурного стану після помелу у водні і термічної обробки у вакуумі вивчено за допомогою сканівної електронної мікроскопії, а також рентгеноспектрального і рентгенофазового аналізів. Встановлено, що основні фази у сплавах $ZrMn_2$ і $ZrCrNi$ під час помелу у водні розпадаються відповідно на гідрид цирконію і марганець та гідрид цирконію і хром. Зі збільшенням часу помелу вміст заліза у зразках внаслідок стирання розмелювальних кульок зростає. Залежно від часу помелу в сплав $ZrMn_2$ після термічної обробки у вакуумі формуються фази зі структурою типу $MgZn_2$ або Th_6Mn_{23} , а у зразках сплаву $ZrCrNi$ – фази типу $MgCu_2$ і Th_6Mn_{23} .

РЕЗЮМЕ. Проанализировано влияние высокоэнергетического помола в планетарной мельнице в атмосфере водорода на структуру и фазовый состав сплавов на основе фаз Лавеса. Исследованы сплавы $ZrMn_2$ и $ZrCrNi$, которые в исходном состоянии содержат гексагональную фазу Лавеса типа $MgZn_2$. Изменение их фазово-структурного состояния после помола в водороде и термической обработке в вакууме изучено с помощью сканирующей электронной микроскопии, а также рентгеноспектрального и рентгенофазового анализов. Установлено, что основные фазы в сплавах $ZrMn_2$ и $ZrCrNi$ вследствие помола в водороде распадаются соответственно на гидрид циркония и марганец и гидрид циркония и хром. С увеличением времени помола содержание железа в образцах в результате стирання помольных шаров возрастает. В зависимости от времени помола в сплаве $ZrMn_2$ после термической обработки в вакууме формируются фазы со структурой типа $MgZn_2$ или Th_6Mn_{23} , а в образцах сплава $ZrCrNi$ – фазы типа $MgCu_2$ и Th_6Mn_{23} .

SUMMARY. The phase-structural state of the $ZrMn_2$ and $ZrCrNi$ alloys with hexagonal $MgZn_2$ (C14) type of Laves phase structure after ball milling in hydrogen and heat treatment in vacuum were investigated by means of X-ray powder diffraction, scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy. It was shown that $ZrMn_2$ and $ZrCrNi$ alloys during milling in hydrogen decay into zirconium hydride, manganese and zirconium hydride, chromium accordingly. An increase of milling time leads to the increase of iron content in the samples due to the abrasion of the material of balls. Therefore, depending on milling time the $ZrMn_2$ samples after heat treatment are crystallized into $MgZn_2$ (C14) or Th_6Mn_{23} types of structure, and the $ZrCrNi$ alloy – into $MgCu_2$ (C15) and Th_6Mn_{23} types of structure.

Boichyshyn L. M., Khrushchych Kh. I., Kovbuz M. O., Hertsyk O. M., and Hula T. H. Peculiarities of transition of the amorphous $Al_{87}REM_5Ni_8(Fe)$ alloys into the crystalline state due to temperature influence 21

Визначено кінетичні параметри кристалізації аморфних металевих сплавів (АМС) на основі алюмінію, легованих рідкісноземельними металами (РЗМ), за допомогою диференціальної сканівної калориметрії (ДСК). Показано, що АМС на основі алюмінію кристалізуються у три стадії. За моделями Кіссінджера, Аврамі та Озави на основі результатів ДСК розраховані енергії активацій для першої стадії кристалізації. Встановлено, що сплави Al – PZM – Ni нанокристалізуються за кінетично контрольованим механізмом. Заміна Y на Gd призводить до зменшення температури нанокристалізації на 20...40 К, а на Du – до підвищення температури як зародження, так і росту нанокристалів. Додавання у склад сплаву Fe зсуває діапазон нанокристалізації майже на 100 К. За моделлю Матусіта за сталих температур фазових переходів визначено, що ріст нанокристалів у АМС системи Al – PZM – Ni відбувається у 1D напрямку талійно (міжфазовий контроль). Du в аморфних сплавах помітно підвищує температури фазових переходів, кількість атомів у кластерах і знижує мікротвердість.

РЕЗЮМЕ. Определены кинетические параметры кристаллизации аморфных металлических сплавов (АМС) на основе алюминия, легированных редкоземельными металлами (РЗМ), с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Показано, что АМС на основе алюминия кристаллизуются в три стадии. По моделям Киссинджера, Аврамы и Озавы на основе результатов ДСК рассчитаны энергии активаций для первой стадии кристаллизации. Установлено, что сплавы Al–РЗМ–Ni нанокристаллизуются по кинетически контролируемому механизму. Замена Y на Gd приводит к уменьшению температуры нанокристаллизации на 20...40 К, а на Dy – к повышению температуры как зарождения, так и роста нанокристаллов. Добавление в состав сплава Fe сдвигает диапазон нанокристаллизации почти на 100 К. По модели Матусита при постоянных температурах фазовых переходов определено, что рост нанокристаллов в АМС системы Al–РЗМ–Ni происходит в 1D направлении и линейно (межфазный контроль). Dy в аморфных сплавах заметно повышает температуры фазовых переходов, количество атомов в кластерах и снижает микротвердость.

SUMMARY. The kinetic parameters of crystallization of the amorphous metallic alloys (AMA) based on aluminum alloyed by rare earth metals (REM) were determined by differential scanning calorimetry (DSC). It is shown that aluminium based AMA crystallizes in three stages. Based on the DSC data and by using Kissinger, Avrami and Ozawa models the activation energies for the first stage of crystallization were calculated. It is established that Al–REM–Ni alloys crystallize by the kinetically controlled mechanism. Replacement Y for Gd leads to a decrease in the temperature of nanocrystallization by 20...40 K, and for Dy leads to an increase in the temperature of nucleation and growth of nanocrystals. According to the Matusite model, at constant temperature of phase transitions it is determined that the growth of nanocrystals in the Al–Ni–REM AMA system takes place in the 1D direction and is linear (interphase control). Dy in amorphous alloys significantly increases the transition phase temperature, the number of atoms in clusters and decreases the microhardness.

Gubenko S. I. Transformation of non-metallic inclusions in steels under high-temperature heating 30

РЕЗЮМЕ. Досліджено механізм розчинення неметалевих включень за високо-температурного нагріву. Встановлено, що диспергування включень пов'язано з декількома процесами – дисоціацією та частковим розчиненням включень, дифузійним їх подрібненням під час вибіркового розчинення, а також утворенням дисперсних “сателітних” частинок. Обговорено особливості формування мікрокомполітних зон поблизу включень.

РЕЗЮМЕ. Исследован механизм растворения неметаллических включений при высокотемпературном нагреве. Установлено, что диспергирование включений связано с несколькими процессами – диссоциацией и частичным растворением включений, диффузионным их дроблением при избирательном растворении, а также образованием дисперсных “сателлитных” частиц. Обсуждены особенности формирования микрокомполітних зон вблизи включений.

SUMMARY. The mechanism of dissolution of nonmetallic inclusions at high temperature heating is investigated. It is established that the dispersion of inclusions is associated with several processes (dissociation and partial dissolution of inclusions, diffusion fragmentation under selective dissolution and the formation of dispersed “satellite” particles). The features of the formation of microcomposite zones near inclusions are discussed.

Babak V. P., Shchepetov V. V., Gladkii Ya. N., Suprun T. T., and Bys S. S. Structural regeneration of coatings under friction 35

РЕЗЮМЕ. Запропоновано механізм збільшення довговічності поверхонь тертя під час експлуатаційних пошкоджень регенерацією внутрішніх структур. Встановле-

но, що під час фрикційної взаємодії за адитивного впливу температурних флуктуацій та питомих навантажень у контактній зоні одночасно діють всі можливі фізико-хімічні аномальні перетворення у твердій фазі, результатом яких є термічний розклад сполук карбідів та утворення структурно-вільного α -графіту. Отримані результати дають можливість припустити, що антифрикційний поверхневий шар, який містить графіт, що утворюється в режимі припрацювання, відновлюється, утворюючи цілісну систему динамічно зносотривких структур за нормального зносу.

РЕЗЮМЕ. Предложен механизм увеличения долговечности поверхностей трения при эксплуатационных повреждениях внутрискруктурной регенерацией. Установлено, что при фрикционном взаимодействии в условиях аддитивного влияния температурных флуктуаций и удельных нагрузок в контактной зоне одновременно действуют все возможные физико-химические аномальные превращения в твердой фазе, результатом которых является термическое разложение соединений карбидов и образование структурно-свободного α -графита. Предположено, что антифрикционный поверхностный слой, содержащий графит, который формируется в режиме приработки, воспроизводится, образуя целостную систему динамически устойчивых износостойких структур во всем диапазоне нормального износа.

SUMMARY. A mechanism for increasing the durability of friction surfaces during operational damage due to intrastructural regeneration is proposed. It is established, that for tribomechanical processes of frictional interaction under the conditions of the additive effect of temperature fluctuations and specific loads in the contact zone a synchronous action of all probable anomalous reactions in the solid phase occurs, as follows from the physicochemical transformations of the process. As a result, thermal destruction of carbides and the formation of α -graphite with free structure occur. Based on the results of the experiment it can be concluded that the antifriction surface layer, which contains graphite, formed in the breaking-in mode, is regenerated thus forming an integral system of dynamically stable wear-resistant structures.

Lukaszewicz A. Temperature field in the contact area under friction welding of metals in rotation41

РЕЗЮМЕ. Запропоновано математичну модель для дослідження температурного поля, що виникає під час фрикційного зварювання металів. З цією метою сформульовано осесиметричну нелінійну крайову задачу теплопровідності для двох циліндричних зразків скінченної довжини, виготовлених зі сталі AISI 1040. Враховано, що теплофізичні властивості сталі, її границя пластичності, а також коефіцієнт тертя змінюються з підвищенням температури. Числовий розв'язок задачі отримано методом скінченних елементів. Досліджено вплив двох механізмів теплоутворення (внаслідок тертя на поверхні контакту і від пластичного деформування) на температурне поле у зразках. Встановлено узгодженість отриманих числових результатів з відповідними експериментальними.

РЕЗЮМЕ. Предложена математическая модель исследования температурного поля, инициированного фрикционной сваркой металлов. С этой целью сформулирована осесимметричная нелинейная краевая задача теплопроводности с учетом фрикционного нагревания двух цилиндрических образцов конечной длины, изготовленных из стали AISI 1040. Теплофизические свойства стали, ее предел текучести, а также коэффициент трения изменяются с ростом температуры. Численное решение задачи получено методом конечных элементов. Исследовано влияние двух механизмов теплообразования (вследствие трения на поверхности контакта и от пластического деформирования) на температурное поле в образцах. Установлено согласованность численных результатов с соответствующими экспериментальными.

SUMMARY. A mathematical model is proposed for investigating the temperature field caused by the friction welding of metals. For this purpose, an axisymmetric nonlinear boundary value problem of heat conduction is formulated with allowance for the frictional

heating of two cylindrical samples of finite length made of AISI 1040 steel. The thermo-physical properties of this steel, its yield strength and the coefficient of friction change with increasing temperature. The numerical solution of the problem is obtained by the finite element method. The influence of two mechanisms of heat generation on the temperature field of samples is considered: due to friction on the contact surface and plastic deformation. A good agreement of the numerical results and corresponding experimental data is obtained.

Vinas J., Brezinova J., Brezina J., and Maruschak P. O. Structural and mechanical features of laser welded joints of zinc-coated advanced steel sheets47

РЕЗЮМЕ. Вивчено якість зварювання сталевих листів CO₂ лазером. Досліджено зварні шви двобічно оцинкованих листів з високоміцних низьколегованих двофазних та багатофазних метастабільних сталей. Якість підтверджують візуальний контроль, результати випробувань на міцність, мікротвердість, макро- та мікроструктурний аналізи методами оптичної мікроскопії, а також неруйнівні та руйнівні методи діагностування.

РЕЗЮМЕ. Изучено качество сварки стальных листов CO₂ лазером. Исследовано сварные швы двусторонне оцинкованных листов из высокопрочных низколегированных двухфазных и многофазных метастабильных сталей. Качество подтверждают визуальный контроль, результаты испытаний на прочность, микротвердость, макро- и микроструктурный анализы методами оптической микроскопии, а также неразрушающие и разрушающие методы диагностирования.

SUMMARY. A quality analysis of laser welded bodywork steel sheets is presented. The welding was done by CO₂ laser. The welds made on advanced steel sheets grades were analyzed: high-strength low-alloy steel, dual phase steel, and multiphase transformed induced plasticity steel. Both sides of the steel sheets were galvanized. Quality of the weld joints was assessed by visual inspection. Tensile test were performed including destructive tests. The Vickers microhardness was evaluated in the individual joint regions and the macro- and microstructural analyses were performed by microscopy. Parameters recommended by International Institute of Welding were used for welding. Based on the non-destructive and destructive tests the welds were classified as satisfactory.

Kolomiets V. V., Antoshchenkov R. V., Ridny R. V., Bogdanovich S. A., and Fabrichnikova I. A. Optimization of processing of the inhomogeneous deposited materials of tractor details52

РЕЗЮМЕ. Досліджено руйнування неоднорідних наплавлених матеріалів різцями із твердого сплаву і надтвердого на основі нітриду бору. Розраховано характеристики їх неоднорідності і оброблюваності. Встановлено взаємовплив і взаємозв'язок фізико-механічних параметрів різання і оброблюваності наплавлених деталей тракторів. Оптимізовано процес різання і визначено оптимальну його швидкість.

РЕЗЮМЕ. Исследовано разрушение неоднородных наплавленных материалов резцами из твердого сплава и сверхтвердого материала на основе нитрида бора. Рассчитаны характеристики их неоднородности и обрабатываемости. Оценены взаимовлияние и взаимосвязь физико-механических параметров резания и обрабатываемости наплавленных деталей тракторов. Оптимизирован процесс резания и определена его оптимальная скорость.

SUMMARY. Fracture of heterogeneous deposited materials by cutters made of hard and super hard alloys based on boron nitride is considered. The characteristics of the heterogeneity of the deposited materials and the characteristics of their mach inability are calculated. The mutual influence and interrelation of the physical and mechanical characteristics of the cutting process of the welded materials of tractor parts are established. Based

on the research optimization of the cutting process of heterogeneous deposited materials is carried out and the optimum cutting velocity is determined.

Ogorodnikov V. A. and Arkhipova T. F. Prediction of mechanical properties of metals after cold pressure treatment 61

РЕЗЮМЕ. Розроблено метод визначення пластичності заздалегідь деформованого металу, який ґрунтується на тензорному описі накопичених пошкоджень в умовах холодного пластичного деформування. Це дає можливість за відомими механічними характеристиками, а також діаграмами пластичності оцінити пластичність таких заготовок за будь-якого напруженого стану. Метод апробовано під час виготовлення крутозігнутих відводів способом протягування заздалегідь заневоленої труби. Виявлено задовільну збіжність розрахункових та експериментальних результатів.

РЕЗЮМЕ. Разработан расчетный аппарат, с помощью которого оценен ресурс пластичности предварительно деформированных заготовок. Он основан на модели разрушения, базирующейся на тензорном описании накопления повреждений и позволяющий, когда известны механические характеристики, анализировать пластические свойства предварительно деформированных заготовок при любом виде напряженного состояния. Методика апробирована при изготовлении крутоизогнутых отводов методом протяжки предварительно заневоленной трубы. Выявлена удовлетворительная сходимость расчетных и экспериментальных данных.

SUMMARY. A method for estimating the plasticity of a pre-deformed metal is developed, based on the tensor description of damage accumulation under conditions of cold plastic deformation. The method makes it possible, with known mechanical characteristics, and also with known plasticity diagrams, to evaluate the plasticity of pre-deformed blanks for any kind of the stress state. The method has been tested using the example of manufacturing steeply curved bends by means of pulling a pre-sewn pipe. Satisfactory convergence of the calculated and experimental data is shown.

Gutsalenko Yu. G., Sevidova E. K., and Stepanova I. I. The influence of plasmoelectrolytic oxidation regimes on the dielectric properties of coatings on D16T alloy 66

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив плазмоелектролітного оксидування (ПЕО) деформованого сплаву Д16Т на діелектричні властивості ПЕО-покривів у лужно-силікатних електролітах. Показано, що збільшення тривалості оксидування з 1 h до 2 h в режимі доволіно падаючої потужності (ДПП) на змінному струмі призводить до погіршення ρ_v в 2–2,5 рази, а електричної міцності E – на 30...40%. У гальваностатичному (ГС) режимі електрофізичні показники за умов однакової товщини покривів незначно зменшуються зі зростанням анодного струму в діапазоні 5...15 A/dm², а суттєвіше залежать від складу електроліту. Встановлено, що ліпші показники $\rho_v = 3,2...4,3 \cdot 10^9 \Omega \cdot m$ та $E = 10...13 V/\mu m$ за обох режимів забезпечують лужно-силікатний (1:6) та силікатний (0:12) розчини електролітів. За абсолютними значеннями показники покривів, сформованих у режимі ДДП, перевищують аналогічні характеристики оксидних шарів ГС режиму в 1,2–1,9 разів.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние плазмoeлектролитического оксидирования (ПЭО) деформируемого сплава Д16Т на диелектрические свойства ПЭО-покрытий в щелочно-силикатных электролитах. Показано, что увеличение времени оксидирования с 1 до 2 h в режиме произвольно падающей мощности (ППМ) на переменном токе приводит к ухудшению ρ_v в 2–2,5 раза, а электрической прочности E – на 30...40%. В гальваностатическом режиме (ГС) электрофизические показатели при одинаковой толщине покрытий незначительно уменьшаются с увеличением анодного тока в диапазоне 5...15 A/dm², а в основном зависят от состава электролита. Установлено, что лучшие показатели $\rho_v = 3,3...4,3 \cdot 10^9 \Omega \cdot m$ и $E = 10...13 V/\mu m$ в обоих режимах обеспечивают щелочно-силикатный (1:6) и силикатный (0:12) растворы. По

абсолютным значениям показатели покрытий, сформированных в режиме ППМ, превышают аналогичные характеристики оксидных слоев ГС режима в 1,2–1,9 раза.

SUMMARY. The influence of plasma electrolytic oxidation (PEO) factors for the deformed Д16Т alloy on the dielectric properties of PEO coatings in alkaline silicate electrolytes is investigated. It is shown that increase in the oxidation time from 1 h to 2 h in the randomly falling power (RFP) mode at alternating current leads to deterioration of ρ_v in 2–2.5 times, and electrolytic strength E – by 30...40%. In the galvanostatic mode for the same coatings thickness the electrophysical parameters slightly decrease with increase of the anode current in the range of 5...15 A/dm²; a more significant their dependence on the electrolyte composition is observed. It is established that the best properties of volume resistivity $\rho_v = 3.3... 4.3 \cdot 10^9 \Omega \cdot m$ and $E = 10...13 \text{ V}/\mu m$ in both modes provide alkaline silicate (1:6) and silicate (0:12) solutions. Absolute values of oxide films formed in RFP mode are better than the ones formed in galvanostatic mode in 1.2–1.9 times.

Parashchuk L. Ya., Atamaniuk V. V., and Smychok V. D. Development of the composition of complex expansive addition and its influence on the concrete strength 72

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив додатків на лінійне розширення цементного каменя. За допомогою математичного планування експерименту визначено оптимальне співвідношення між розширними компонентами в складі цементу. Важливість одночасного введення кількох компонентів є не тільки через розширювальну дію кожного, але й їх взаємовплив. Гіпс виконує роль не тільки сповільнювача гідратації вапна, але й сульфатної складової для утворення гексасульфоалюмінату кальцію в пізніші терміни тверднення. Це дає змогу впливати на формування кристалічної структури і міцність цементного каменя загалом. Здійснено математичну обробку результатів експериментальних досліджень.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние добавок на линейное расширение цементного камня. С помощью математического планирования эксперимента определено максимальное соотношение между расширяющимися компонентами в составе цемента. Важным фактором одновременного введения нескольких компонентов является не только расширяющее действие каждого из них, но и их взаимодействие. Гипс используют не только как замедлитель гидратации извести, но и как сульфатную составляющую для образования гексасульфоалюмината кальция в более отдаленные периоды твердения. Это позволяет влиять на формирование кристаллической структуры и прочность цементного камня в целом. Осуществлено математическую обработку результатов экспериментальных исследований.

SUMMARY. The influence of additives on linear expansion of cement stone is investigated. With the help of mathematical planning of the experiment, an optimal correlation between the expansive components in the composition of the cement is determined. An important factor in the simultaneous introduction of several components is not only the expansive effect of each of them but also the mutual influence between those components. Gypsum is used not only as a inhibitor of hydration of lime, but also as a sulphate component for the formation of calcium hexasulphoaluminate in further stages of hardening. This allows us to affect both the formation of the crystal structure and the strength of the cement stone as a whole. The mathematical processing of the results of the experimental research is carried out.

Datsyshyn O. P., Glazov A. Yu., and Lenkovskiy T. M. Estimation of contact lifetime of 65Г steel by spalling formation criterion 80

РЕЗЮМЕ. Запропоновано розрахункові алгоритми, на основі яких обчислено коефіцієнти інтенсивності напружень для підповерхневих тріщин у півплощині та побудовано траєкторії їх поширення під дією рухомого модельного (еліптичного) контактного навантаження. Експериментально встановлено діаграми втомного руй-

нування для модельної колісної сталі 65Г за умов поперечного зсуву та нормального розриву. Оцінено залишкову контактну довговічність за утворенням відшарування в приповерхневій зоні залізничних коліс, виготовлених зі сталі типу 65Г. Досліджено залежність довговічності від таких експлуатаційних та геометричних параметрів, як тертя/змащування за контакту між колесом і рейкою, тертя між берегами тріщини, глибина залягання початково прямолінійної тріщини та інтенсивність навантаження пари кочення, а також спрогнозовано форму і розміри відшарувань.

РЕЗЮМЕ. Предложены расчетные алгоритмы, на основании которых вычислены коэффициенты интенсивности напряжений для подповерхностных трещин и построены траектории их распространения в упругой полуплоскости под действием подвижной модельной контактной нагрузки на ее границе. Экспериментально построены диаграммы усталостного разрушения для стали 65Г при условии поперечного сдвига и нормального разрыва. Оценена остаточная контактная долговечность по критерию образования отслаивания в приповерхностной зоне железнодорожных колес, произведенных из стали типа 65Г. Показана зависимость долговечности от таких эксплуатационных и геометрических параметров, как трение в контакте между колесом и рельсом, трение между берегами трещины, глубина расположения изначально прямолинейной трещины и интенсивность нагружения пары качения. Также прогнозируются формы и размеры отслаивания.

SUMMARY. The calculation algorithms are proposed on the basis of which the SIF for subsurface cracks are calculated and their propagation paths in an elastic semi-plane under effect of moving model load on its boundary, are built. Fatigue diagrams for 65Г steel under mode II and mode I are experimentally built. Residual contact durability by spalling formation in near-surface region of the railway wheels made from 65Г steel is evaluated. The dependence of durability on such exploitation and geometric parameters as friction in a contact between a wheel and a rail, friction between crack edges, a location depth of initially rectilinear crack and intensity of a rolling pair load is shown. Spalling shapes and dimensions are also predicted.

Shopa T. V. Transversal vibrations of an orthotropic plate with a set of inclusions of arbitrary configuration with different types of connections with a plate..... 89

РЕЗЮМЕ. У межах уточненої моделі, яка враховує деформацію поперечного зсуву та інерційні компоненти, побудовано розв'язок задачі про усталені згинні коливання ортотропної пластини зі системою довільно розташованих криволінійних включень. Досліджено різні типи їх з'єднань з пластиною. Зовнішня межа пластини довільної геометричної конфігурації. Розглянуто мішані гармонічні в часі крайові умови на ній. Розв'язок побудовано на основі непрямого методу граничних елементів. Використано секвенціальний підхід до зображення функцій Гріна.

РЕЗЮМЕ. В пределах уточненной теории, которая учитывает поперечные сдвиги и инерционные компоненты, построено решение задачи об установившихся изгибных колебаниях ортотропной пластины с произвольно расположенной системой криволинейных включений. Исследованы разные типы их соединений с пластиной. Рассмотрены смешанные гармонические во времени граничные условия на внешней границе пластины. Решение построено с помощью непрямого метода граничных элементов. Использован секвенциальный подход к представлению функций Грина.

SUMMARY. In the framework of the refined theory, which takes into account transverse shear deformation and inertial components, the solution of the problem on the steady state bending vibrations of an orthotropic plate with a system of curvilinear inclusions of arbitrary location is constructed. Different types of their connections with the plate are investigated. Mixed harmonic in time boundary conditions are considered on the external boundary of the plate. The solution is built on the basis of the indirect boundary elements method. The sequential approach to the representation of the Green's functions is used.

Harmatiy H. Yu., Popovych V. S., and Krul M. The influence of material thermosensitivity on non-steady thermal state of a multilayer plate.....98

РЕЗЮМЕ. Неусталений тепловий стан термочутливої багат шарової пластини описано нелінійною крайовою задачею з розривними коефіцієнтами. Запропонована методика побудови розв'язку крайової задачі охоплює перехід до інтегральної змінної Гудмена, що дає можливість перегрупувати нелінійності та застосувати інтегро-інтерполяційний метод для побудови напівдискретного аналога моделі у вигляді задачі Коші для системи нелінійних звичайних диференціальних рівнянь (СНЗДР). Отриману СНЗДР на змінну Гудмена розв'язано числово за допомогою лінійних багаткрокових різницевих методів.

РЕЗЮМЕ. Неустановившееся тепловое состояние термочувствительной многослойной пластины описано нелинейной краевой задачей с разрывными коэффициентами. Предложенная методика построения решения краевой задачи включает переход к интегральной переменной Гудмена, что позволяет перегруппировать нелинейности и применить интегро-интерполяционный метод для построения полудискретного аналога модели в виде задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (СНОДУ). Полученную СНОДУ на переменную Гудмена решено численно с помощью линейных многошаговых разностных методов.

SUMMARY. The nonsteady thermal state of a heat-sensitive multilayer plate is described by a nonlinear boundary-value problem with discontinuous coefficients. The proposed procedure of construction of the solution of this boundary-value problem includes the transition to the Goodman integral variable, which enables one to rearrange nonlinearities and apply the integro-interpolation method for the construction of a semidiscrete analog of the model in the form of the Cauchy problem for a system of nonlinear ordinary differential equations (SNODE). The obtained SNODE with respect to the Goodman variable is numerically solved by using linear multistep difference methods.

Kyrylova O. I. and Mykhaskiv V. V. Time-harmonic vibrations and resonance effects under antiplane shear of a hollow elastic cylinder with a crack 105

РЕЗЮМЕ. Запропоновано ефективний аналітико-числовий метод визначення динамічних напружень у порожнистому циліндричному тілі довільного перерізу з наскрізною тріщиною за умов антиплоскої деформації. Метод дає змогу розв'язувати окремо інтегральні рівняння на поверхні дефекту і задовольняти умови гармонічного навантаження на межі тіла. Отримано формули для розрахунку коефіцієнтів інтенсивності динамічних напружень в околі тріщини та досліджено вплив на них її геометричних параметрів і частоти коливань, зокрема, з виявленням резонансних частот.

РЕЗЮМЕ. Предложен эффективный аналитико-численный метод определения динамических напряжений в полой цилиндрическом теле произвольного сечения со сквозной трещиной, которое находится в условиях антиплоской деформации. Метод позволяет отдельно решать интегральные уравнения на поверхностях дефекта и удовлетворяют условия нагружения на границе тела. Получены формулы для вычисления коэффициентов интенсивности напряжений в окрестности трещины и исследовано влияние на них ее геометрических параметров и частоты колебаний, в частности с установлением резонансных частот.

SUMMARY. The effective analytical-numerical method for the determination of dynamic stresses in a hollow cylindrical body of arbitrary cross-section with a tunnel crack under antyplane strain conditions is proposed. The method allows us to solve separately integral equations on the crack faces and satisfy the loading boundary conditions on the body surfaces. The formulas for the calculation of the dynamic stress intensity factors in the crack vicinity are obtained and the influence on these quantities of the crack geometry and wave number is investigated, especially from the point of view of resonance phenomena existing.

Stasiuk B. M., Kret N. V., Zvirko O. I., and Shtoiiko I. P. Analysis of the stress state of a gas pipeline pipe with a hydrogen-induced macrodefect..... 113

РЕЗЮМЕ. Тривала експлуатація магістральних газопроводів може спричинити утворення обширного розшарування всередині стінки труби за її наводнювання з боку внутрішньої поверхні, джерелом якого є транспортовані вуглеводні. Проаналізовано напружений стан труби газопроводу з воднем ініційованим макродефектом у її стінці за сумісної дії робочого тиску газу в трубі та тиску молекулярного водню у дефекті. Для конкретних параметрів труби, робочого тиску природного газу та виявленого на певній глибині розшарування розраховано напружений стан металу залежно від тиску водню у макропорожнині. Результати розрахунку можна використовувати для прогнозування ризику виходу макродефекту на зовнішню поверхню труби.

РЕЗЮМЕ. Длительная эксплуатация магистральных газопроводов может обуславливать образование обширного расслоения внутри стенки трубы в случае ее наводороживания со стороны внутренней поверхности, источником которого служат транспортируемые углеводороды. Проанализировано напряженное состояние трубы газопровода с водородом иницированным макродефектом в ее стенке за совместного влияния рабочего давления газа в трубе и давления молекулярного водорода в дефекте. Для конкретных параметров трубы, рабочего давления природного газа и обнаруженного на определенной глубине расслоения рассчитано напряженное состояние металла в зависимости от давления водорода в макрополости. Результаты расчета можно использовать для прогнозирования риска выхода макродефекта на наружную поверхность трубы.

SUMMARY. Long-term operation of the main gas pipelines can cause formation of large-scale delamination inside the pipe wall in case of its hydrogenation from the inside surface, a source of which are transporting hydrocarbons. The stress state of the pipe of the gas pipeline with a hydrogen induced macrodefect in the wall under mutual action of the working pressure of gas in the pipe and molecular hydrogen pressure in the defect is analyzed. The stress state of the metal for the specific parameters of the pipe geometry, working pressure of natural gas and delamination detected at a certain depth, depending on hydrogen pressure in the macrocavity, is calculated. The calculation results can be used for prediction of the risk of a macrodefect appearance on the external pipe surface.

Vasyliiev G. S. Polarization resistance technique adaptation for corrosion rate measurement in the conditions of formation of low soluble iron corrosion products 119

РЕЗЮМЕ. Розглянуто застосування методу поляризаційного опору для визначення швидкості корозії сталі у водах господарсько-питного призначення. За цих умов на поверхні давача утворюються оксигідрокси β - та γ -FeOOH, які здатні вступати в електрохімічні перетворення за накладання зовнішньої поляризації, що призводить до завищення вимірних значень швидкості корозії. Проаналізовано вплив твердості води, температури та швидкості потоку на склад, структуру та електрохімічну активність продуктів корозії. Встановлено, що у холодній воді продукти корозії під час вимірювання призводять до завищення результатів у 3,5 рази. В гарячій воді на поверхні формуються переважно оксидні сполуки заліза, які не вступають в електрохімічні перетворення і розбіжність результатів не перевищує 1,6 рази. Зі збільшенням швидкості потоку гарячої води до 0,45 м/с вплив продуктів корозії нівелюється. Для узгодження результатів масометричного та електрохімічного методів запропоновано знизити коефіцієнт перерахунку поляризаційного опору у швидкість корозії до 8 мV у холодній водогінній воді та 14 мV у гарячій воді за швидкості потоку до 0,3 м/с.

РЕЗЮМЕ. Рассмотрено применение метода поляризационного сопротивления для определения скорости коррозии стали в водах хозяйственно-питьевого назначения. В этих условия на поверхности датчика образуются оксигидроксиды β - и γ -FeOOH,

которые способны вступать в электрохимические превращения при наложении внешней поляризации, что приводит к завышению измеренных значений скорости коррозии. Проанализировано влияние жесткости воды, температуры и скорости потока на состав, структуру и электрохимическую активность продуктов коррозии. Установлено, что в холодной водопроводной воде участие продуктов коррозии в процессе измерения приводит к завышению результатов в 3,5 раза. В горячей воде на поверхности формируются преимущественно оксидные соединения железа, не вступающие в электрохимические превращения, расхождение результатов не превышает 1,6 раза. При увеличении скорости потока горячей воды до 0,45 м/с влияние продуктов коррозии нивелируется. Для согласования результатов массометрического и электрохимического методов предложено снизить коэффициент пересчета поляризационного сопротивления в скорость коррозии до 8 мВ в холодной воде и 14 мВ в горячей воде при скорости потока до 0,3 м/с.

SUMMARY. The application of linear polarization technique for corrosion rate determination in potable water is considered. In this conditions iron oxyhydroxides β - and γ -FeOOH are formed on the probe surface. Oxyhydroxides participate in electrochemical transformations when external polarization is applied, thus leading to the overestimation of the measured corrosion rate values. The influence of water hardness, temperature and flow rate on the composition, structure and electrochemical activity of corrosion products was analyzed. It was established that in cold tap water the overestimation of the results increases in 3.5 times. In hot tap water iron oxide compounds are formed primarily on the surface, which do not participate in the electrochemical transformations and the overestimation of the results does not exceed 1.6 times. With increasing flow rate of hot water to 0.45 m/s the influence of the corrosion products diminishes. To achieve agreement between the weight loss and polarization resistance techniques it is proposed to reduce the recalculation coefficient B in Stern's equation to 8 mV in cold tap water and 14 mV in hot tap water for the flow rate below 0.3 m/s.

Stechyshyn M. S., Skyba M. Ye., Sukhenko Yu. H., and Tsepenyuk M. I.

Fatigue strength of nitrated steels in corrosion-active environments
of food production industry 125

РЕЗЮМЕ. Досліджено вплив режимів азотування в тліючому розряді на мало- і багаточиклову витривалість конструкційних сталей у кислих, лужних, нейтральних модельних середовищах і на повітрі.

РЕЗЮМЕ. Исследовано влияние режимов азотирования в тлеющем разряде на мало- и многоцикловую усталость конструкционных сталей в кислых, щелочных, нейтральных модельных растворах и на воздухе.

SUMMARY. The effect of nitrating modes on the glow discharge on the low- and multi-cycle fatigue of structural steels in acidic, alkaline, neutral model solutions and in air was studied.

IN SCIENTIFIC CIRCLES

Kuryliak D. B. Problems of technical diagnostics and remote sensing 130
Lukyanenko O. H. Problems of materials science and surface engineering of metals 132
Ratska N. B. Corrosion. Corrosion protection of metals 134
Frankevych L. F. Defence of thesis 137
Hredil M. I. The Sixth international conference "Fracture Mechanics
and Structural Integrity" (FMSI 2019) 143

OUR LOSSES

In the memory of Ihor Ivanovych Vasylenko 144