

ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ

ТОМ 50, № 4, 2014

липень – серпень

ЗМІСТ

<i>Сиротюк А. М., Дмитрах І. М.</i> Методи оцінювання руйнування та міцності трубопровідних сталей та конструкцій за дії робочих середовищ. Ч. II. Вплив водневовмісних середовищ	7
<i>Іваницький Я. Л., Мольков Ю. В., Кунь П. С., Ленковський Т. М., Войтович М.</i> Визначення локальної деформації біля концентраторів напружень методом цифрової кореляції зображень	18
<i>Мусій Р. С.</i> Термонапружений стан електропровідних циліндрів за електромагнетної дії в режимі з імпульсним модульним сигналом	25
<i>Андрейків О. Є., Долінська І. Я., Добровольська Л. Н., Яворська Н. В.</i> Вплив водню на зародження повзучо-втомних тріщин у пластинах біля концентраторів напружень	34
<i>Дудик М. В., Діхтяренко Ю. В.</i> Модель “тризубець” пластичної зони в кінці тріщини нормального відриву, що виходить на негладку межу поділу матеріалів	41
<i>Кривень В. А., Бойко А. Р., Каплун А. В.</i> Розвиток пластичних смуг під час зсувного деформування тіла з вузькою прямокутною щілиною	49
<i>Антоненко Н. М.</i> Просторова деформація багат шарової плити з пружними зв’язками між шарами	55
<i>Гачкевич О. Р., Солодяк М. Т., Терлецький Р. Ф., Тарлаковський Д. В.</i> Співвідношення електродинаміки, енергетичні та силові чинники дії електромагнетного поля для магнетних середовищ	62
<i>Курек М., Лагода Т., Валат К.</i> Зміна окремих циклічних властивостей залежно від температури випробувань	69
<i>Мельник І. В.</i> Аналіз жорсткостей залізобетонних плоских монолітних перекриттів з трубчастими вставками	75
<i>Осташ О. П., Василів Б. Д., Подгурська В. Я., Васильєв О. Д., Бродніковський Є. М.</i> Вплив температури відновлювально-окиснювального циклування на структуру й фізико-механічні властивості кераміки YSZ–NiO	81
<i>Кречковська Г. В., Студент О. З., Кутний А. І., Никифорчин Г. М., Сидор П. Я.</i> Опір крихкому руйнуванню металу сіткової гіперболоїдної вежі Шухова	87
<i>Скачков В. А., Бережна О. Р.</i> Фізико-хімічні основи ущільнення пористої структури піровуглицем із газової фази	94
<i>Булик І. І., Тростянчин А. М., Бурховецький В. В., Борух І. В., Дусягіна З. А., Лемішка І. А.</i> Залежність фазового складу сплаву Nd ₁₆ Fe _{73,9} Zr _{2,1} B ₈ від умов помелу у водні	100
<i>Білоус В. А., Борисенко В. М., Воєводін В. М., Діденко С. Ю., Ільченко М. І., Неклюдов І. М., Рибка О. В.</i> Залежність радіаційно-захисної ефективності багат шарових композитів Al–Pb від їх будови	106

<i>Балицький О. І., Колесніков В. О., Еліаш Я., Гаврилюк М. Р. Особливості руйнування наводнених високоазотних марганцевих сталей в умовах тертя кочення</i>	<i>110</i>
<i>Усов В. В., Рабікіна М. Д., Шкатуляк Н. М., Чернева Т. С. Фрактальна розмірність меж зерен і механічні властивості металу кисневих балонів</i>	<i>117</i>
<i>Барна Р. А., Попович П. В., Вовк Р. І. Вплив робочих середовищ на циклічну тріщиностійкість сталей для елементів сільськогосподарських машин</i>	<i>125</i>
У НАУКОВИХ КОЛАХ	
<i>Дмитрах І. М., Студент О. З. Досягнення сучасної механіки руйнування матеріалів та перспективи її подальшого розвитку</i>	<i>129</i>

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

ТОМ 50, № 4, 2014

июль – август

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сыротюк А. М., Дмытрах И. Н.</i> Методы оценки разрушения и прочности трубопроводных сталей и конструкций под воздействием рабочих сред Ч. II. Влияние водородосодержащих сред.....	7
<i>Иваницкий Я. Л., Мольков Ю. В., Кунь П. С., Ленковский Т. М., Войтович М.</i> Определение локальной деформации возле концентраторов напряжений методом цифровой корреляции изображений	18
<i>Мусий Р. С.</i> Термонапряженное состояние электропроводных цилиндров при электромагнитном воздействии в режиме с импульсным модулирующим сигналом	25
<i>Андрейкив А. Е., Долинская И. Я., Добровольская Л. Н., Яворская Н. В.</i> Влияние водорода на зарождение ползуче-усталостных трещин в пластинах около концентраторов напряжений	34
<i>Дудык М. В., Дихтяренко Ю. В.</i> Модель “трезубец” пластической зоны в конце трещины нормального отрыва, выходящей на негладкую границу раздела материалов	41
<i>Кривень В. А., Бойко А. Р., Каплун А. В.</i> Развитие пластических полос при деформировании сдвигом тела с узкой прямоугольной щелью	49
<i>Антоненко Н. Н.</i> Пространственная деформация многослойной плиты с упругими связями между слоями.....	55
<i>Гачкевич А. Р., Солодяк М. Т., Терлецкий Р. Ф., Тарлаковский Д. В.</i> Соотношения электродинамики, энергетические и силовые факторы воздействия электромагнитного поля для магнитных сред.....	62
<i>Курек М., Лагода Т., Валат К.</i> Изменение отдельных циклических свойств в зависимости от температуры испытаний	69
<i>Мельник И. В.</i> Анализ жесткостей железобетонных плоских монолитных перекрытий с трубчатыми вставками	75
<i>Оташ О. П., Васылив Б. Д., Подгурская В. Я., Васильев А. Д., Бродниковский Е. Н.</i> Влияние температуры восстановительно-окислительного циклирования на структуру и физико-механические свойства керамики YSZ–NiO	81
<i>Кречковская Г. В., Студент А. З., Кутный А. И., Никифорчин Г. Н., Сыдор П. Я.</i> Сопротивление хрупкому разрушению металла сетчатой гиперболоидной башни Шухова.....	87
<i>Скачков В. А., Бережная О. Р.</i> Физико-химические основы уплотнения пористой структуры пироуглеродом из газовой фазы	94
<i>Булык И. И., Гростяничин А. М., Бурховецкий В. В., Борух И. В., Дурягина З. А., Леммишка И. А.</i> Зависимость фазового состава сплава Nd ₁₆ Fe _{73,9} Zr _{2,1} B ₈ от условий помола в водороде	100
<i>Белоус В. А., Борисенко В. Н., Воеводин В. Н., Диденко С. Ю., Ильченко Н. И., Неклюдов И. М., Рыбка А. В.</i> Зависимость радиационно-защитной эффективности многослойных композитов Al–Pb от их строения.....	106

<i>Балицкий А. И., Колесников В. А., Элиаш Я., Гаврылюк М. Р.</i> Особенности разрушения наводороженных высокоазотистых марганцевых сталей в условиях трения качения	110
<i>Усов В. В., Рабкина М. Д., Шкатуляк Н. М., Чернева Т. С.</i> Фрактальная размерность границ зерен и механические свойства металла кислородных баллонов.....	117
<i>Барна Р. А., Попович П. В., Вовк Р. И.</i> Влияние рабочих сред на циклическую трещиностойкость сталей для элементов сельскохозяйственных машин	125

В НАУЧНЫХ КРУГАХ

<i>Дмытрах И. Н., Студент А. З.</i> Достижения современной механики разрушения материалов и перспективы ее дальнейшего развития	129
---	-----

PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

VOLUME 50, № 4, 2014

July – August

CONTENTS

- Syrotyuk A. M. and Dmytrakh I. M. Methods for assessing fracture and strength of pipeline steels and structures under effect of operating environments.
P. II. The influence of hydrogen-containing environments7

РЕЗЮМЕ. Узагальнено сучасні методи оцінки міцності та ризику руйнування елементів трубопровідних конструкцій за підходами механіки руйнування матеріалів із урахуванням особливостей впливу водневомісних середовищ. Розроблено методологію та встановлено характеристичні значення концентрації водню в металі залежно від прикладених напружень та фізико-хімічних умов наводнювання. На цій основі запропоновані нові методи оцінювання міцності трубопровідних сталей за дії робочих водневомісних середовищ.

РЕЗЮМЕ. Обобщены современные методы оценки прочности и риска разрушения элементов трубопроводных конструкций за подходами механики разрушения материалов с учетом особенностей влияния водородосодержащих сред. Разработана методология и установлены характеристические значения концентрации водорода в металле в зависимости от приложенных напряжений и физико-химических условий наводороживания. Предложены новые методы оценки прочности трубопроводных сталей при воздействии рабочих водородосодержащих сред.

SUMMARY. The modern methods for strength and fracture risk assessment of pipeline structures are generalized on the base of fracture mechanics approaches and with account of specific influence of hydrogen-containing environments. The methodology was developed and the characteristic values of hydrogen concentration in the metal, depending on the applied stresses and physico-chemical conditions of hydrogenation, were established. On this basis the new methods for assessing the strength of the pipeline steels in hydrogen-containing environments were proposed.

- Ivanytskyi Ya. L., Molkov Yu. V., Kun P. S., Lenkovskyi T. M., and Wojtowicz M.

Measurement of local strain near stress concentrators using the digital image correlation technique18

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано особливості визначення локальної деформації матеріалу в околі концентраторів напружень різного радіусу з використанням методу цифрової кореляції зображень. Встановлено залежності критичної локальної деформації від розміру бази її визначення для гладкого зразка, зразків з концентраторами напружень та втомною тріщиною. Наведено рекомендації щодо вибору оптимальної бази визначення локальної деформації. Побудовано діаграми деформування сталі 65Г у координатах “істинні напруження–локальна деформація”.

РЕЗЮМЕ. Проанализированы особенности определения локальной деформации материала возле концентраторов напряжений разных радиусов с использованием метода цифровой корреляции изображений. Установлены зависимости критической локальной деформации от базы ее определения для гладкого образца, образцов с концентраторами напряжений и усталостной трещиной. Приведены рекомендации по выбору оптимального

размера базы для определения локальной деформации. Построены диаграммы деформирования стали 65Г в координатах “истинные напряжения–локальная деформация”.

SUMMARY. The peculiarities of local displacement and strain measurement near the stress concentrators of different radii are analyzed by the digital image correlation technique (DIC). The dependences between the critical local strain and strain measurement spacing are obtained for cases of smooth specimen, specimens with stress concentrators and fatigue crack. The recommendations for choosing the appropriate local strain measurement spacing are given. The deformation curves of 65Г steel in coordinates “local strain–effective stress” are build.

Musii R. S. Thermo stressed state of electric conductive cylinders
under electromagnetic effect in the pulse modulating signal mode25

РЕЗЮМЕ. Сформульовано динамічні плоскі осесиметричні задачі термомеханіки для довгих порожнистого і суцільного електропровідних циліндрів за однорідної нестационарної електромагнетної дії. З використанням кубічної апроксимації осьової компоненти вектора напруженості магнетного поля та радіальної компоненти вектора переміщень за радіальною координатою отримано розв'язки цих задач і числово досліджено термонапружений стан та несучу здатність даних неферромагнетних циліндрів за електромагнетної дії в режимі з імпульсним модульованим сигналом.

РЕЗЮМЕ. Сформулированы динамические плоские осесимметричные задачи термомеханики для длинных полого и сплошного электропроводных цилиндров при однородном нестационарном электромагнитном воздействии. С использованием кубической аппроксимации осевой компоненты вектора напряженности магнитного поля и радиальной компоненты вектора перемещений по радиальной координате получены решения задач и численно исследованы термонапряженное состояние и несущая способность неферромагнитных цилиндров при электромагнитном воздействии в режиме с импульсным модулирующим сигналом.

SUMMARY. Dynamic plane axisymmetric problems of thermomechanics for the long hollow and continuous electric conductive cylinders under uniform non-stationary electromagnetic influence are formulated. Using a cubic approximation of the axial component of the magnetic field and the radial component of the displacement vector along the radial coordinate the solutions of the problems are obtained and the thermal stress-strain state and carrying ability of non-ferromagnetic cylinder under electromagnetic action in the pulse modulating signal mode are investigated numerically.

Andreikiv O. Ye., Dolinska I. Ya., Dobrovolska L. N., and Yavorska N. V.
The influence of hydrogen on the creep-fatigue crack initiation
in plates near stress concentrators34

РЕЗЮМЕ. Сформульовано математичну модель для визначення впливу водню на період зародження повзучо-втомної макротріщини в пластині біля концентратора напружень. На основі цієї моделі розраховано період зародження макротріщини для смуги з двома боковими вирізами за циклічних навантажень, високих температур і водневовмісного середовища. Показано, що водень пришвидшує зародження тріщин у сталевій пластині.

РЕЗЮМЕ. Сформулирована математическую модель для определения влияния водорода на период зарождения ползуче-усталостной макротрещины в пластине возле концентратора напряжений. На основе этой модели рассчитан период зарождения макротрещины для полосы с двумя боковыми вырезами при циклических нагрузках, высоких температурах и водородсодержащей среде. Показано, что водород повышает скорость зарождения трещин.

SUMMARY. The mathematical model for determination of the influence of hydrogen on creep-fatigue crack initiation period in plates with stress concentrators was formulated. Based on this model the crack initiation period for a strip with two side notches under cyclic loads, high

temperatures and in hydrogen-containing environment were calculated. It is shown that hydrogen increases the rate of initiation cracks.

<i>Dudyk M. V. and Dikhtiarenko Yu. V. The “trident” model of the plastic zone at the end of the mode I crack terminating at the rough interface of materials.....</i>	<i>41</i>
--	-----------

РЕЗЮМЕ. За умов плоскої деформації методом Вінера–Гопфа в межах моделі “тризубець” розраховано маломасштабну пластичну зону у кутовій точці межі поділу двох різних пружно-пластичних матеріалів, з якої виходить тріщина нормального відриву. Зону змодельовано двома симетричними бічними лініями розриву дотичного переміщення і лінією розриву нормального переміщення на продовженні тріщини. Отримано аналітичні вирази для визначення розмірів зони і розкриття тріщини. На основі числових розрахунків проаналізовано залежності параметрів зони від кута розхилу межі поділу та пружних характеристик матеріалів.

РЕЗЮМЕ. В условиях плоской деформации методом Винера–Хопфа в рамках модели “тризубец” рассчитана маломасштабная пластическая зона в угловой точке границы раздела двух различных упруго-пластических материалов, из которой выходит трещина нормального отрыва. Зона моделируется двумя симметричными боковыми линиями разрыва касательного смещения и линией разрыва нормального смещения на продолжении трещины. Получены аналитические выражения для определения размеров зоны и раскрытия трещины. На основе числовых расчетов проанализированы зависимости параметров зоны от угла раствора границы раздела сред и упругих характеристик материалов.

SUMMARY. The calculation of the small scale plastic zone within the framework of “trident” model for the plain strain conditions at the corner point of the interface of two dissimilar elasto-plastic materials from which the mode I crack goes out is done by the Wiener–Hopf method. This zone is modeled by two symmetric side lines of tangential displacement jump and by the line of normal displacement jump on the crack elongation. The analytic expressions for definition of the zone dimensions and crack opening are obtained. The dependences of zone parameters on the interface spread angle and elastic material characteristics are analyzed on the basis of numerical calculations.

<i>Kryven V. A., Boiko A. R., and Kaplun A. V. Development of plastic bands under shear deformation of a body with a narrow rectangular slot.....</i>	<i>49</i>
---	-----------

РЕЗЮМЕ. Отримано аналітичні розв’язки антиплоских задач для тіла з напівбезмежною прямокутною щільною в пружній та пружно-пластичній (односмугова модель зони) формулюваннях. Навантаження задано асимптотикою напружень на нескінченності, рівною асимптотиці напівбезмежної тріщини поздовжнього зсуву, поданої через коефіцієнт інтенсивності напружень (КИН). Встановлено, що розвиток пластичних смуг починається в напрямку продовження бісектрис кутів вирізу. Знайдено довжини пластичних смуг як функції КИН.

РЕЗЮМЕ. Получены аналитические решения антиплоских задач для тела с полубесконечной прямоугольной щелью в упругой и упругопластической (однополосная модель зоны) постановках. Нагрузка задана асимптотикой напряжений на бесконечности, равной асимптотике упругого поля напряжений для полубесконечной трещины продольного сдвига, представленной коэффициентом интенсивности напряжений (КИН). Выявлено, что развитие пластических полос начинается в направлении продолжения биссектрис углов выреза. Найдены их длины как функции КИН.

SUMMARY. An analytical solution of antiplane problems for a body with a semi-infinite rectangular slot in the elastic and elastic-plastic (one-plane model of zone) formulation is given. Load is given as stress asymptotic at infinity equal to the asymptotic of the elastic stress field of a semi-infinite crack of longitudinal shear represented by the stress intensity factor. It is found that the development of plastic bands starts in the direction of extension of the notch angles. Their length as a function of SIF is found.

Antonenko N. M. Space deformation of a multilayer plate with elastic connections between layers	55
---	----

РЕЗЮМЕ. Запропоновано спосіб розв'язання задачі про визначення напружено-деформованого стану багатошарової плити з пружними зв'язками між шарами за умов просторової деформації. Розв'язок задачі базується на методі функцій податливості з використанням двовимірного інтегрального перетворення Фур'є. Побудовано рекурентні формули для розрахунку матриць податливості. Для двошарової плити, яка знаходиться під дією нормальних зосереджених навантажень, проаналізовано вплив коефіцієнтів пружних зв'язків на розподіл напружень та переміщень в її шарах.

РЕЗЮМЕ. Предложен способ решения задачи об определении напряженно-деформированного состояния многослойной плиты с упругими связями между слоями при пространственной деформации. Решение задачи основано на методе функций податливости с использованием двумерного интегрального преобразования Фурье. Построены рекуррентные формулы для вычисления матриц податливости. Для двухслойной плиты, которая находится под действием нормальных сосредоточенных нагрузок, проанализировано влияние коэффициентов упругих связей на распределение нормальных напряжений и перемещений в ее слоях.

SUMMARY. The method of determination of the stress-strain state of a multilayer plate with elastic connections between layers in the case of the spatial deformation is proposed. The technique is based on the compliance functions method. The method uses a two-dimensional Fourier integral transformation. Recurrence formulas for the calculation of compliance matrices are built. For a two-layer plate, which is under the action of normal concentrated loads, the influence of coefficients of elastic connections on the distribution of normal stresses and displacements in its layers is analyzed.

Hachkevych O. R., Solodiak M. T., Terletskyi R. F., and Tarlakovskyi D. V.

Correlation of thermodynamics, energy and force factors of the electromagnetic field effect for magnetic environments	62
---	----

РЕЗЮМЕ. Досліджено феритовий шар, що знаходиться під дією електромагнетного поля, яке задане нормальною сталою та дотичною гармонічною компонентами магнетного поля. Вивчено умови виникнення у ньому малих гіромагнетних коливань. Отримано вирази енергетичних і силових чинників дії поля.

РЕЗЮМЕ. Изучен ферритовый слой, находящийся под воздействием электромагнитного поля, заданного нормальной постоянной и касательной гармонической составляющими магнитного поля. Исследованы условия возникновения в нем малых гиромагнитных колебаний. Получены выражения для энергетических и силовых факторов действия поля.

SUMMARY. A ferrite layer subjected to the action of electromagnetic field under effect of the electromagnetic field, given by the normal force and tangential harmonic components of magnetic field, is considered. The conditions of appearance of small gyromagnetic vibrations in it are studied. The expressions of energetic and force factors of the field action are obtained.

Kurek M., Lagoda T., and Walat K. Variation of selected cyclic properties

depending on temperature of the test.....	69
---	----

РЕЗЮМЕ. Констатовано, що умови експлуатації елементів машин і пристроїв, які використовують в енергетиці, характеризуються змінами температури від кімнатної до дуже високої. Це призводить до істотної зміни механічних властивостей досліджуваних матеріалів. В результаті аналізу зміни вибраних циклічних властивостей залежно від температури встановлено основні закономірності для низьколегованих сталей і високолегованих чавунів.

РЕЗЮМЕ. Констатировано, что условия эксплуатации элементов машин и устройств, которые используют в энергетике характеризуются изменениями температуры от комнатной до весьма высокой. Это приводит к существенному изменению механических свойств

исследуемых материалов. В результате анализа изменения избранных циклических свойств в зависимости от температуры установлено основные закономерности для низколегированных сталей и высоколегированных чугунов.

SUMMARY. Determination of fatigue life involves many factors, among them temperature in which the structure is working. Based on the literature data, the authors present the influence of temperature on cyclic properties of the selected materials. Further analysis proves that, in the case of alloyed steels, temperature affects some quantities characterizing fatigue parameters.

Melnik I. V. Analysis of hardness of monolithic reinforced concrete floors with tubular inserts75

РЕЗЮМЕ. Для встановлення усереднених жорсткостей на згин залізобетонних перекриттів з ефективними трубчастими вставками використано метод скінчених елементів та теорію оболонок. За результатами теоретичного аналізу показано, що циліндричні жорсткості у взаємоперпендикулярних напрямках залізобетонного перекриття з трубчастими вставками різняться між собою. За результатами числового моделювання отримано порівняльні значення циліндричних жорсткостей монолітних залізобетонних перекриттів однакових мас з трубчастими вставками квадратної, прямокутної та круглої форм.

РЕЗЮМЕ. Для установления усредненных жесткостей на изгиб железобетонных перекрытий с эффективными трубчатыми вставками использован метод конечных элементов и теория оболочек. По результатам теоретического анализа показано, что цилиндрические жесткости во взаимно перпендикулярных направлениях железобетонного перекрытия с трубчатыми вставками различаются между собой. По результатам численного моделирования получены сравнительные значения цилиндрических жесткостей монолитных железобетонных перекрытий одинаковых масс из трубчатыми вставками квадратной, прямоугольной и круглой формы.

SUMMARY. To establish the average rigidity of reinforced concrete beams with effective tubular inserts under bending the finite element method and theory of shells are used. According to the results of theoretical analysis it is shown that the cylindrical rigidities in mutually perpendicular directions of reinforced concrete floors with tubular inserts are different. Based on the results of numerical simulations the comparable values of cylindrical rigidity of monolithic reinforced concrete floors of identical masses with tubular inserts of square, rectangular and circular shapes are obtained.

Ostash O. P., Vasylyv B. D., Podhurska V. Ya., Vasylyev O. D., and Brodnikovskyy Ye. M. The influence of redox-cycling temperature on structure, physical and mechanical properties of YSZ–NiO ceramics81

РЕЗЮМЕ. Проаналізовано вплив циклічної обробки у відновлювальному й окиснювальному газових середовищах (редокс-цикування) за температур 600 і 800°C на структуру, міцність та електропровідність кераміки YSZ–NiO для анодів-підкладок керамічних паливних комірок. При 600°C сформовано структуру, що забезпечує поліпшені фізико-механічні характеристики матеріалу. Однак після обробки при 800°C отримано структуру з мережею мікротріщин, що суттєво знижує міцність та електропровідність матеріалу. На підставі даних термодинамічного та рентгеноструктурного аналізів одержані результати пов'язано з впливом підвищення температури на інтенсифікацію окиснення нікелевої фази та зростання залишкових напружень II роду.

РЕЗЮМЕ. Проанализировано влияние циклической обработки в восстановительной и окислительной газовых средах (редокс-циклирования) при температурах 600 и 800°C на структуру, прочность и электропроводность керамики YSZ–NiO для анодов-подложек керамических топливных ячеек. После обработки при 600°C сформирована структура, обеспечивающая улучшенные физико-механические характеристики материала. Однако при температуре 800°C образуется структура с сеткой микротрещин, что приводит к существенному снижению прочности и электропроводности материала. На основании данных термодинамического и рентгеноструктурного анализов полученные результаты связаны с

влиянием повышения температуры на интенсификацию процесса окисления никелевой фазы и ростом остаточных напряжений II рода.

SUMMARY. The influence of cyclic treatment in reducing and oxidizing gas environments (redox-cycling) at the treatment temperatures of 600 and 800°C on the structure, strength and electrical conductivity of YSZ–NiO ceramic for anode substrates of solid oxide fuel cells has been analyzed. Using the treatment temperature of 600°C the structure providing improved physical and mechanical properties of the material has been formed. However, at the treatment temperature of 800°C the anode structure with the microcracks network has been formed thus reducing significantly the strength and electrical conductivity of the material. Based on the data of thermodynamic and X-ray analysis the obtained results were related with the influence of temperature rise on the intensification of nickel oxidation and increase of residual stresses.

Krechkovska H. V., Student O. Z., Kutnyi A. I., Nykyforchyn H. M., and Sydor P. Ya.

Brittle fracture resistance of the metal of Shukhov's lattice hyperboloid tower.....87

РЕЗЮМЕ. Визначено ударну в'язкість та досліджено фрактографічні особливості зламів старовинної та ремонтної сталей (1906 і 1944 рр. виробництва відповідно) гіперболоїдної сіткової водонапірної вежі Шухова в Миколаєві, окремі елементи якої відновили після війни. Істотно нижча ударна в'язкість обох сталей проти їх сучасних прототипів пов'язана не лише з принциповими змінами у технології металургійного процесу впродовж сторіччя, але і з деградацією металу за час тривалої експлуатації. Виявлено, що запас пластичності старовинної сталі і за результатами випроб на удар, і за фрактографічними особливостями руйнування нижчий, ніж ремонтної.

РЕЗЮМЕ. Исследована ударная вязкость и фрактографические особенности изломов старинной и ремонтной сталей (1906 и 1944 гг. производства соответственно) гиперболоидной сетчатой водонапорной башни Шухова в Николаеве, отдельные элементы которой заменены после войны. Существенное снижение ударной вязкости обеих сталей по сравнению с их современными прототипами связали не только с принципиальными изменениями технологии металлургического процесса в течение столетия, но и с деградацией металла вследствие длительной эксплуатации. Показано, что запас пластичности старинной стали как за результатами ударных испытаний, так и за фрактографическими особенностями разрушения ниже, чем ремонтной.

SUMMARY. The impact toughness of the ancient and repair steels from the Shukhov's hyperboloid lattice water tower in Mykolayiv (of 1906 and 1944 production respectively), some elements of which were replaced after the war, was investigated. The fractographical peculiarities of fracture surfaces were investigated. A significant reduction in impact toughness values of both steels compared to their modern prototypes is related not only with the principal changes in metallurgy process in the 20th century but also with the degradation of metal during long-term operation. The plasticity margin of the ancient steel was shown to be lower than of the repair one by the results of impact test data and fractography features of fracture.

Skachkov V. A. and Berezhna O. R. Physicochemical bases of pyrocarbon

porous structure packing from gas phase.....94

РЕЗЮМЕ. Запропоновано модель низькотемпературного ущільнення пористої структури карбонізованого вуглепластика в проточному плоскому реакторі та розроблено методикку визначення розподілу піровуглецю по товщині стінки ущільненого вуглепластика.

РЕЗЮМЕ. Предложена модель низкотемпературного уплотнения пористой структуры карбонизованного углепластика в проточном плоском реакторе и разработана методика расчета распределения пироуглерода по толщине стенки уплотненного углепластика.

SUMMARY. The method of low-temperature packing of a porous structure of carbonized coal plastic in a flow reactor is proposed. The method of calculation of the pyrocarbon precipitation along the thickness of a close-settled carbon composition material wall is developed.

Bulyk I. I., Trostianchyn A. M., Burkhovetskyi V. V., Borukh I. V., Duryahina Z. A., and Lemishka I. A. The dependence of Nd₁₆Fe_{73.9}Zr_{2.1}B₈ alloy phase composition on milling conditions in hydrogen..... 100

РЕЗЮМЕ. Виявлено конкуруючий вплив двох чинників під час “сухого” помелу ферромагнетного сплаву Nd₁₆Fe_{73.9}Zr_{2.1}B₈ у водні. Зі збільшенням частоти обертання камери млина і тривалості процесу зростає дисперсність порошку, однак, через агломерацію стають ізотропними частинки. Вказано на можливість застосування рідкого середовища (олеїнової кислоти) для запобігання механічному сплавлінню високодисперсних частинок порошку внаслідок тривалого високоенергетичного помелу. Високодисперсні анізотропні порошки отримано помелом насиченого воднем сплаву в олеїновій кислоті за частоти обертання камери млина 100...200 rpm та тривалості до 12 h.

РЕЗЮМЕ. Обнаружено конкурирующее влияние двух факторов во время “сухого” помола ферромагнитного сплава Nd₁₆Fe_{73.9}Zr_{2.1}B₈ в водороде. С увеличением частоты вращения камеры мельницы и продолжительности помола возрастает дисперсность порошка, однако вследствие агломерации частицы становятся изотропными. Показана возможность применения жидкой среды (олеиновой кислоты) для предотвращения механического сплавления высокодисперсных частиц порошка вследствие длительного высокоэнергетического помола. Высокодисперсные анизотропные порошки получено помолом насыщенного водородом сплава в олеиновой кислоте при частоте вращения камеры мельницы 100...200 rpm и продолжительности до 12 h.

SUMMARY. The influence of two competing factors during “dry” milling of Nd₁₆Fe_{73.9}Zr_{2.1}B₈ ferromagnetic alloy in hydrogen was established. The dispersion of powders grows with increasing rotation frequency of the mill chamber and milling time. However the particles agglomeration leads to the formation of isotropic powders. The possibility of using liquid medium (oleic acid) to prevent mechanical fusion of fine powder particles in the result of prolonged high-energy milling was shown. The super-fine anisotropic powders were obtained after milling of the hydrogenated alloy in oleic acid at 100...200 rpm rotation frequency for up to 12 h.

Bilous V. A., Borysenko V. M., Voyevodin V. M., Didenko S. Yu., Ilchenko M. I., Nekliudov I. M., and Rybka O. V. The dependence of the radiation-protective efficiency of multilayer Al–Pb composites on their structure..... 106

РЕЗЮМЕ. Обґрунтовано доцільність розроблення одного із видів новітніх високо-ефективних радіаційно-захисних матеріалів – багатошарових композитів типу “легкий метал + важкий метал”. Наведено характеристики внутрішньої архітектури композитів Al–Pb, виготовлених послідовним застосуванням вакуумної та звичайної атмосферної прокатки. Описано відмінності між радіоізотопною і прискорювальною методиками експериментального тестування радіаційно-захисних властивостей матеріалів. Проаналізовано результати тестування композитів і вплив їх будови на радіаційно-захисні характеристики досліджених матеріалів. Показано, що радіаційно-захисна ефективність композитів певної будови на 30...40% вища за ту, яку має алюміній. Це дає змогу або знизити вагу радіаційно-захисної структури за збереження ефективності захисту на рівні алюмінію, або підвищити ефективність захисту за незмінної ваги цієї структури.

РЕЗЮМЕ. Обосновано целесообразность разработки одного из видов новейших высокоэффективных радиационно-защитных материалов – многослойных композитов типа “легкий металл + тяжелый металл”. Приведены характеристики внутренней архитектуры композитов Al–Pb, изготовленных последовательным применением вакуумной и обычной атмосферной прокатки. Описаны различия между радиоизотопной и ускорительной методиками экспериментального тестирования радиационно-защитных свойств материалов. Проанализированы результаты тестирования композитов и влияние их строения на радиационно-защитные характеристики исследованных материалов. Показано, что радиационно-защитная эффективность композитов определенного строения на 30...40% выше той, которую имеет алюминий. Это дает возможность или снизить вес радиационно-защитной структуры при сохранении эффективности защиты на уровне алюминия, или повысить эффективность защиты при неизменном весе этой структуры.

SUMMARY. Expedience of development of one of the types of innovative high performance radiation-protective materials – multilayer composites of type “light metal + heavy metal” is substantiated. The characteristics of the internal architecture of composites Al–Pb made by the consistent application of vacuum and normal atmospheric rolling are shown. The differences between the radioisotope and accelerator techniques of experimental testing of the radiation-protective properties of materials are described. The results of composites testing and influence of their structure on the radiation-protective properties of the materials studied are characterized. It is shown that the radiation-protective efficacy of composites of a certain structure is by 30...40% higher than of the aluminum. This gives the opportunity either to reduce the weight of radiation protective structure while maintaining the effectiveness of the protection at the level of aluminum or to increase the effectiveness of protection at a constant weight of the structure.

Balitskii O. I., Koliiesnikov V. O., Eliash Ya., and Havryliuk M. R. Peculiarities of fracture of hydrogenated high-nitrogen manganese steels

under rolling friction 110

РЕЗЮМЕ. Виявлено, що під час тертя качення інтенсивність зношування наводнених зразків високоазотних марганцевих сталей у п'ятеро вища, ніж ненаводнених. Зі збільшенням інтенсивності зношування спостерігали зміну кольору поверхні тертя контртіла та розмірів продуктів зношування. Зовнішній вигляд ненаводнених та наводнених продуктів зношування суттєво відрізняється (білий та темний колір, відповідно). Мікротвердість наводненого шару становила 7,6...8,2 ГПа, а шару зі зруйнованих ділянок 4,2...4,9 ГПа. У зруйнованих ділянках, що мають ознаки теплового схоплювання, спостерігали підвищений вміст карбідоутворювальних елементів (зокрема Мо), що підтверджує прискорення руйнування досліджених високоазотних сталей в умовах тертя качення на ділянках, збагачених карбідами.

РЕЗЮМЕ. Виявлено, что при трении качения интенсивность изнашивания наводороженных образцов высокоазотистых марганцевых сталей в пять раз выше, чем ненаводороженных. С увеличением интенсивности износа наблюдали изменение цвета поверхности трения на контртеле и размеров продуктов износа. Внешний вид ненаводороженных и наводороженных продуктов износа существенно отличается (белый и темный цвет соответственно). Микротвердость наводороженного слоя составляла 7,6...8,2 ГПа, а слоя из разрушенных участков 4,2...4,9 ГПа. В разрушенных участках, имеющих признаки теплового схватывания, наблюдали повышенное содержание карбидообразующих элементов (в частности Мо), что подтверждает интенсивное разрушение исследованных высокоазотистых сталей в условиях трения качения на участках, обогащенных карбидами.

SUMMARY. It was found that during rolling friction the intensity of wear of the hydrogenated specimens of high-nitrogen manganese steels is five times higher than of the non-hydrogenated specimens. With the increase of the wear intensity the colour change of the counterbody friction surface and the sizes of the wear products were observed. The internal view of the non-hydrogenated and hydrogenated wear products is significantly different (white and dark colours correspondingly). Microhardness of the hydrogenated layer (dark colour) was 7.6...8.2 GPa and of the layer with destroyed sections (dark) – 4.2...4.9 GPa. In the fractured areas with signs of thermal setting the increased content of carbide-containing elements (in particular of Mo) was observed, thus proving the intensive fracture of the investigated high-nitrogen steels under rolling friction in the carbides-enriched areas.

Usov V. V., Rabkina M. D., Shkatulyak N. M., and Cherneva T. S. The fractal dimension of grain boundaries and mechanical properties of the oxygen cylinders metal

..... 117

РЕЗЮМЕ. Виконано кількісний фрактальний аналіз меж зерен мікроструктури сталі Дс п'яти кисневих балонів з терміном експлуатації від 18 до 55 років. Фрактальну їх розмірність визначено методом накладання на зображення вибраної межі квадратних осередків різного розміру з підрахунком кількості точок їх перетину з цією межею (box-

method). Встановлено кореляційні зв'язки фрактальної розмірності меж зерен з ударною в'язкістю, руйнівним тиском і границею текучості. Знайдено відповідні рівняння регресії. Проаналізовано механізми руйнування, пов'язані з фрактальною розмірністю меж зерен.

РЕЗЮМЕ. Выполнен количественный фрактальный анализ границ зерен микро-структуры стали Дс пяти кислородных баллонов со сроком эксплуатации от 18 до 55 лет. Фрактальная размерность границ зерен определена методом наложения на изображение выбранной границы квадратных ячеек различного размера и подсчетом количества точек, которые с ней пересекаются. Установлена тесная корреляционная связь фрактальной размерности границ зерен с ударной вязкостью, разрушающим давлением и пределом текучести. Найдены соответствующие уравнения регрессии. Проанализированы механизмы разрушения, вызванные фрактальной размерностью границ зерен.

SUMMARY. The quantitative fractal analysis of the grain boundaries of Дс steel micro-structure of the five oxygen cylinders with a service life from 18 to 55 years was performed. The fractal dimensions were found by means of superimposition of square cells of different size on selected grain boundary and count of the number of points of intersection with the chosen boundary (box-method). A strong correlation between the fractal dimension of the grain boundaries and impact toughness, fracture pressure in hydraulic tests and conditional yield strength were found. The corresponding regression equations were obtained. The mechanisms of fracture due to the fractal dimension of the grain boundaries were discussed.

Barna R. A., Popovich P. V., and Vovk R. I. The influence of operating environments on fatigue crack grown resistance of steels for elements of agricultural machines 125

РЕЗЮМЕ. Встановлено, що під впливом експлуатаційних середовищ швидкість розвитку тріщиноподібних дефектів у сталях Ст. 3 та 20 може зростати приблизно від 5 до 25 разів порівняно із випробуваннями у повітрі. При цьому негативна дія середовища на опір поширенню тріщин посилюється у такій послідовності: органічне добриво (гній) – сульфат амонію – нітрофоска.

РЕЗЮМЕ. Установлено, что под влиянием эксплуатационных сред скорость роста трещиноподобных дефектов в сталях Ст.3 та 20 может возрастать приблизительно от 5 до 25 раз. При этом негативное воздействие среды на сопротивление развитию трещин усиливается в такой последовательности: органическое удобрение (гной) – сульфат аммония – нитрофоска.

SUMMARY. The significant effect (approximately from 5 to 25 times) of operating environments on the crack-like defect growth rate in steels Ст.3 and 20 has been found. In this case the negative environmental effect on crack growth resistance of given steels increases in the following sequence: organic fertilizer (manure) – ammonium sulphate – nitrophoska.

IN SCIENTIFIC CIRCLES

Dmytrakh I. M. and Student O. Z. Progress of modern fracture mechanics of materials and prospects of its further development 129