

# ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ

ТОМ 49, № 5, 2013

вересень – жовтень

## ЗМІСТ

Національна академія наук України (до 95-річчя заснування).....	5
<i>Панасюк В. В., Дмитрах І. М., Тот Л., Білий О. Л., Сиротюк А. М.</i> Метод оцінювання робоздатності та ризику руйнування елементів конструкцій з тріщиноподібними дефектами.....	10
<i>Кравець В. С., Саврук М. П.</i> Осесиметрична задача кручення пружного простору з гладкими та гострокутними вирізами.....	21
<i>Дацишин О. П., Глазов А. Ю., Левус А. Б.</i> Особливості контактування берегів крайової тріщини за рухомого герцівського навантаження.....	31
<i>Пастернак Я. М., Сулим Г. Т., Олійник Н. Р.</i> Антиплоска деформація анізотропних тіл з періодичними системами тонких неоднорідностей.....	42
<i>Стацюк М. Г., Дорош М. І.</i> Методи розрахунку міцності поліетиленових труб зі стільниковою стінкою (Огляд).....	51
<i>Андрейків О. Є., Сас Н. Б.</i> Визначення періоду докритичного росту тріщини повзучості в паропроводі.....	63
<i>Мірсалімов В. М., Гасанов Ф. Ф.</i> Розв'язок періодичної задачі про розвиток когезійних тріщин за поздовжнього зсуву.....	68
<i>Іваницький Я. Л., Штаюра С. Т., Ленковський Т. М., Мольков Ю. В.</i> Визначення характеристик тріщиностійкості сталі 17Г1С за поперечного зсуву.....	73
<i>Гвоздюк М. М., Бабяк І. П., Гембара Т. В., Костів Р. Б.</i> Статична та втомна міцність базальтової арматури.....	79
<i>Кульчицький-Жиг айло Р., Байковський А.</i> Пружний покрив з неоднорідним проміжним шаром під дією нормальних і дотичних зусиль.....	84
<i>Сахарук О. М., Муравський Л. І., Голінський І. С., Личак О. В.</i> Визначення поля локальних переміщень методом цифрової спекл-кореляції з адаптивною сегментацією зображень.....	92
<i>Остап О. П., Вольдемаров О. В., Гладий П. В.</i> Діагностування структурно-механічного стану сталей парогонів коерцитиметричним методом і прогнозування їх ресурсу.....	98
<i>Маркашова Л. І., Кушнарєва О. С.</i> Вплив структури на механічні властивості металу шва зварних з'єднань алюмінієвих сплавів системи Al–Cu–Li.....	112
<i>Матичак Я. С., Федірко В. М., Погрелюк І. М., Ткачук О. В.</i> Кінетика дифузійного насичення титанового сплаву ВТ1-0 азотом і киснем за температури 950°C.....	119
<i>Букетов А. В., Сапронов О. О., Браїло М. В., Алексєнко В. Л.</i> Вплив ультразвукової обробки на механічні і теплофізичні властивості епоксидних наноккомпозитів.....	126
<i>Кулинич Я. П., Тригуб І. І.</i> Виявлення поверхневих локальних дефектів металевих конструкцій методом кореляційної обробки сигналів.....	133

У НАУКОВИХ КОЛАХ

<i>Тот Л., Никифорчин Г. М.</i> 13-та Польсько-українсько-німецька літня школа з механіки руйнування і міцності матеріалів.....	138
--	-----

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

ТОМ 49, № 5, 2013

сентябрь – октябрь

## СОДЕРЖАНИЕ

Национальная академия наук Украины (к 95-летию основания) .....	5
<i>Панасюк В. В., Дмытрах И. Н., Тот Л., Билый О. Л., Сыротюк А. М.</i> Метод оценки работоспособности и риска разрушения элементов конструкций с трещиноподобными дефектами.....	10
<i>Кравец В. С., Саврук М. П.</i> Осесимметричная задача кручения упругого пространства с гладкими и остроугольными вырезами .....	21
<i>Дацьшин А. П., Глазов А. Ю., Левус А. Б.</i> Особенности контактирования берегов краевой трещины при подвижной герцовой нагрузке.....	31
<i>Пастернак Я. М., Сулым Г. Т., Олиарнык Н. Р.</i> Антиплоская деформация анизотропных тел с периодическими системами тонких неоднородностей.....	42
<i>Стацук Н. Г., Дорош М. И.</i> Методы расчета прочности полиэтиленовых труб с сотовой стенкой (Обзор).....	51
<i>Андрейкив А. Е., Сас Н. Б.</i> Определение периода докритического роста трещины ползучести в паропроводе.....	63
<i>Мирсалимов В. М., Гасанов Ф. Ф.</i> Решение периодической задачи о развитии когезионных трещин при продольном сдвиге .....	68
<i>Иваницкий Я. Л., Штаюра С. Т., Ленковский Т. М., Мольков Ю. В.</i> Определение характеристик трещиностойкости стали 17Г1С при поперечном сдвиге.....	73
<i>Гвоздюк Н. М., Бабяк И. П., Гембара Т. В., Костив Р. Б.</i> Статическая и усталостная прочность базальтовой арматуры .....	79
<i>Кульчицкий-Жиг айло Р., Байковский А.</i> Упругое покрытие с неоднородным промежуточным слоем под воздействием нормальных и касательных усилий.....	84
<i>Сахарук А. Н., Муравский Л. И., Голинский И. С., Лычак О. В.</i> Определение поля локальных перемещений методом цифровой спекл-корреляции с адаптивной сегментацией изображений .....	92
<i>Остаи О. П., Вольдемаров А. В., Гладыш П. В.</i> Диагностирование структурно-механического состояния сталей паропроводов коэрцитиметрическим методом и прогнозирование их ресурса.....	98
<i>Маркашова Л. И., Кушнарёва О. С.</i> Влияние структуры на механические свойства металла шва сварных соединений алюминиевых сплавов системы Al–Cu–Li .....	112
<i>Матычак Я. С., Федирко В. Н., Погрелюк И. Н., Ткачук О. В.</i> Кинетика диффузионного насыщения титанового сплава ВТ1-0 азотом и кислородом при температуре 950°C.....	119
<i>Букетов А. В., Сапронов А. А., Браило Н. В., Алексенко В. Л.</i> Влияние ультразвуковой обработки на механические и теплофизические свойства эпоксидных нанокомпозитов.....	126
<i>Кульницы Я. П., Трыгуб И. И.</i> Обнаружение поверхностных локальных дефектов металлических конструкций методом корреляционной обработки сигналов .....	133

В НАУЧНЫХ КРУГАХ

<i>Тот Л., Никифорчин Г. Н.</i> 13-я Польско-украинско-немецкая летняя школа по механике разрушения и прочности материалов.....	138
--	-----

# PHYSICOCHEMICAL MECHANICS OF MATERIALS

VOLUME 49, № 5, 2013

September – October

---

---

## CONTENTS

National Academy of Sciences of Ukraine (to the 95-anniversary of foundation).....	5
<i>Panasyuk V. V., Dmytrakh I. M., Tóth L., Bilyy O. L., and Syrotyuk A. M.</i> Method for serviceability and fracture risk assessment of structural elements with crack-like defects .....	10

*РЕЗЮМЕ.* Запропоновано метод оцінювання міцності та ризику руйнування дефектних елементів конструкцій на основі показника “опірності елемента конструкції росту тріщини”, який є характеристикою швидкості зміни коефіцієнта інтенсивності напружень біля вершини тріщини під час її росту в такому елементі. Наведено приклади оцінювання роботоздатності та довговічності типових елементів конструкцій з тріщиноподібними дефектами різних форми та розташування під дією квазістатичних та циклічних навантажень.

*РЕЗЮМЕ.* Предложен метод оценки прочности и риска разрушения дефектных элементов конструкций на основании показателя “сопротивления элемента конструкции росту трещины”, который является характеристикой скорости изменения коэффициента интенсивности напряжений возле вершины трещины во время ее роста в конструктивном элементе. Приведены примеры оценки работоспособности и долговечности типичных элементов конструкций с трещиноподобными дефектами различных формы и размещения при воздействии квазистатических и циклических нагрузок.

*SUMMARY.* The method for strength and fracture risk assessment of defected structural elements is proposed. It is based on the index “resistance of structural element to crack growth”, which is a characteristic of the stress intensity factor rate change at the crack tip during its propagation in the structural element. The examples of serviceability and durability assessment of the typical structural elements with defects of different shape and location under conditions of quasi-static and cyclic loadings are presented.

<i>Kravets V. S. and Savruk M. P.</i> Axisymmetric torsion problem for elastic space with smooth and acute-angled cuts .....	21
---	----

*РЕЗЮМЕ.* Розвинуто єдиний підхід до розв’язування задач про концентрацію напружень біля гострих та закруглених вершин в осесиметричних порожнинах за кручення пружного простору. Використано метод сингулярних інтегральних рівнянь щодо гладких розімкнених контурів, кінці яких виходять на вісь кручення пружного тіла. Знайдено розподіли напружень на поверхнях порожнин, коефіцієнти концентрації та інтенсивності напружень у закруглених та гострих вершинах. Числові результати отримано для порожнин різних конфігурацій (ромбічних, гіперболічних, овальних, прямокутних) у широкому діапазоні зміни радіуса закруглення у вершинах межового контуру.

*РЕЗЮМЕ.* Развiт єдиний пiдхiд к рiшенню задач о концентрацiї напружень около острих и закругленнх вершин в осесимметричнх полостях за кручення упругого пространства. Исползован метод сингулярнх интегральных уравнений относительно гладких разомкнутых контуров, концы которых выходят на ось кручения упругого тела. Найдены распределения напружений на поверхностях полостей, коэффициенты концентрации и интенсивности напружений в закругленнх и острих вершинах. Численные результаты получены для полостей различных конфигураций (ромбических, гиперболических, овальных, прямоугольных) в широком диапазоне изменения радиуса закругления в вершинах граничного контура.

*SUMMARY.* A unified approach to solution of the problem of stress concentration near sharp and rounded vertices in axisymmetric cavities under torsion of the elastic space is developed. The method of singular integral equations for the smooth open contours, the ends of which are located on the torsion axis of the elastic body is used. The stress distribution on the surfaces of the cavities, stress concentration and stress intensity factors at the rounded and sharp vertices are determined. Numerical results are obtained for different configurations of the cavities (rhombic, hyperbolic, oval, rectangular) in a wide range of variation of the curvature radius at the vertices of the boundary contour.

*Datsyshyn O. P., Hlazov A. Yu., and Levus A. B.* Peculiarities of the edge crack faces contact under moving Hertzian loading .....31

*РЕЗЮМЕ.* Розглянуто контактну задачу теорії пружності для півплощини з крайовою нахиленою тріщиною, береги якої контактують з тертям за герцівського контактного навантаження, яке однонаправлено переміщається вздовж краю півплощини. Наведено карти контактування берегів тріщини, обчислено коефіцієнти інтенсивності напружень для конфігурацій параметрів, характерних для контактної взаємодії кочення (коефіцієнти тертя між берегами тріщини і тілами кочення, орієнтація і довжина тріщини).

*РЕЗЮМЕ.* Рассмотрена контактная задача теории упругости для полуплоскости с краевой наклонной трещиной, берега которой контактируют с трением при герцовской контактной нагрузке, перемещающейся однонаправлено вдоль края полуплоскости. Представлены карты контактирования берегов трещины, вычислены коэффициенты интенсивности напружений для конфигураций параметров, характерных для контактного взаимодействия качения (коэффициенты трения между берегами трещины и телами качения, ориентация и длина трещины).

*SUMMARY.* The contact problem of the elasticity theory for a half-plane with the edge inclined crack, faces of which are in contact with friction under action of Hertzian contact loading that moves unidirectionally along the half-plane edge is considered. Maps of the contact of crack faces are shown; stress intensity factors for parameters configuration, typical of rolling contact interaction (friction coefficients between crack faces and rolling bodies, orientation and length of a crack) are calculated.

*Pasternak Ya. M., Sulym H. T., and Oliyarnyk N. R.* Antiplane deformation of anisotropic solids containing periodic sets of thin inhomogeneities .....42

*РЕЗЮМЕ.* Побудовано інтегральні рівняння антиплоскої деформації анізотропних тіл із періодичними системами тонких включень. За допомогою модифікованого методу граничних елементів отримано числові розв'язки конкретних задач. Розраховано коефіцієнти інтенсивності напружень (КІН) для анізотропного тіла з одним, двома та трьома стовпцями паралельних дефектів. Порівнянням із окремими аналітичними

розв'язками для тріщин і абсолютно жорстких включень підтверджено достовірність отриманих результатів. Також досліджено вплив міри анізотропії (ортотропії) матеріалу на напружено-деформований стан тіла та КИН в околі вершин тонких неоднорідностей.

*РЕЗЮМЕ.* Построены интегральные уравнения задачи антиплоской деформации анизотропных тел с периодическими системами тонких включений. С помощью модифицированного метода граничных элементов получено численные решения конкретных примеров. Проведены расчеты коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) для анизотропного тела с одним, двумя и тремя столбиками параллельных дефектов. Сравнением с отдельными аналитическими решениями для трещин и абсолютно жестких включений подтверждена достоверность полученных результатов. Также исследовано влияние меры анизотропии (ортотропии) материала на напружено-деформированное состояние тела и КИН в окрестности вершин тонких неоднородностей.

*SUMMARY.* The integral equations of the antiplane shear deformation of anisotropic solids with periodic sets of thin ribbon-like inclusions are constructed. Using the modified boundary element method the numerical solutions of specific examples are obtained. The calculations of the stress intensity factors for anisotropic material with one, two and three columns of parallel defects are obtained. Comparison with the analytical solutions confirms the validity of the obtained results. The paper also studies the effect of changes in the degree of anisotropy (orthotropy) of the material on the stress-strain state of the solid and on the stress intensity factors in the vicinity of tips of thin inhomogeneities.

*Stashchuk M. H. and Dorosh M. I.* Methods of calculation of strength of polyethylene pipes with a cellular wall (A review) .....51

*РЕЗЮМЕ.* Виконано огляд праць, які є попередніми і необхідними для дослідження напружено-деформованого та граничного станів стільникових трубних конструкцій. Проаналізовано праці, присвячені суцільним полімерним (гнучким) трубам, що експлуатуються в умовах дії ґрунтів. Виокремлено найважливіші чинники та критерії для застосування в інженерних розрахунках і проектуванні стільникових труб.

*РЕЗЮМЕ.* Выполнен обзор работ, которые предшествуют и необходимы для исследований напружено-деформированного и предельного состояний сотовых трубных конструкций. Проанализированы труды, посвященные сплошным полимерным (гибким) трубам, которые эксплуатируются в условиях действия почв. Выделены наиболее важные факторы и критерии для применения в инженерных расчетах и проектирования сотовых труб.

*SUMMARY* A review of the papers which have been published earlier and are necessary for researches of the stress-state and the limiting state of cellular pipe constructions is done. The papers dealing with the solid polymer (flexible) pipes which operate in the conditions of the soil action are analysed. On this basis the most important factors and criteria for application in engineering calculations and design of cellular pipes are shown.

*Andreykiv O. Ye. and Sas N. B.* Determination of the subcritical creep crack growth period in a steam pipeline pipe .....63

*РЕЗЮМЕ.* На основі енергетичного підходу і методу еквівалентних площ побудована методика для визначення залишкового ресурсу труби паропроводу з тріщиною. Задовільна для інженерних розрахунків точність цієї методики підтверджена результатами точнішого числового методу Рунге–Кутти.

*РЕЗЮМЕ.* На основе энергетического подхода и метода эквивалентных площадей

построена методика для определения остаточного ресурса трубы паропровода с трещиной. Удовлетворительная для инженерных расчетов точность этой методики подтверждена результатами более точного числового метода Рунге–Кутты.

*SUMMARY.* On the basis of energy approach and the method of equivalent areas the method is built for determination of the residual life time of steam pipeline pipes with a crack. Satisfactory exactness of this method for the engineering calculations is confirmed by the results of the more exact numerical Runge–Kutta method.

*Mirsalimov V. M. and Gasanov F. F.* Solution of the periodic problem about cohesive cracks development under longitudinal shear ..... 68

*РЕЗЮМЕ.* Розглянуто перфороване тіло, послаблене поверхневими когезійними тріщинами, за поздовжнього зсуву. Вирішення задачі про рівновагу такого тіла зведено до розв'язку однієї нескінченної алгебричної системи та одного сингулярного інтегрального рівняння з ядром типу Коші.

*РЕЗЮМЕ.* Рассмотрено перфорированное тело, ослабленное поверхностными когезионными трещинами, при продольном сдвиге. Решение задачи о равновесии такого тела сведено к решению одной бесконечной алгебраической системы и одного сингулярного интегрального уравнения с ядром типа Коши.

*SUMMARY.* The punched body weakened by surface cohesive cracks is considered under antiplane sliding. The solution of the problem on equilibrium of the punched body under longitudinal shear with cohesive cracks is reduced to the solution of one infinite algebraic system and one nonlinear singular integral equation with a Cauchy-type kernel.

*Ivanytskyi Ya. L., Shtayura S. T., Lenkovskii T. M., and Molkov Yu. V.* Determination of crack growth resistance characteristics of 17Г1С steel under transversal shear ..... 73

*РЕЗЮМЕ.* Визначено статичну тріщиностійкість на компактних зразках Річарда зі сталі 17Г1С та встановлено критичне розкриття тріщини за поперечного зсуву. Випробувано зразки за циклічного навантаження, модернізовано зразок Річарда для поліпшення умов зародження і росту тріщини поперечного зсуву. Методом цифрової кореляції зображень отримано розподіл деформацій біля вершини концентратора.

*РЕЗЮМЕ.* Определено статическую трещиностойкость на компактных образцах Ричарда из стали 17Г1С и установлено критическое раскрытие трещины при поперечном сдвиге. Испытано образцы циклическим нагружением, модернизировано образец Ричарда с целью улучшения условий зарождения и роста трещины поперечного сдвига. Методом цифровой корреляции изображений получено распределение деформаций возле вершины концентратора.

*SUMMARY.* The static crack growth resistance and the critical crack opening displacement on compact Richard's specimens made of 17Г1С steel in longitudinal shear (mode II) are determined. Specimens were tested under cyclic loading. The Richard's specimen was modernized with the purpose to improve the conditions for shear cracks initiation and growth. Using the digital image correlation method the deformation distribution near the notch tip was obtained.

*Hvozdiuk M. M., Babyak I. P., Hembara T. V., and Kostiv R. B.* Static and fatigue strength of basalt reinforcement ..... 79

*РЕЗЮМЕ.* Визначено характеристики статичної і втомної міцності базальтової арматури номінальним діаметром 4; 6; 8; 10 і 12 mm за статичного та циклічного розтягів



зразків. Зокрема, встановлено межу витривалості  $\sigma_N$  на базі випробувань  $N$ , яка дорівнює  $2 \cdot 10^6$  cycles.

*РЕЗЮМЕ.* Определены характеристики статической и усталостной прочности базальтовой арматуры номинальным диаметром 4; 6; 8; 10 и 12 mm при статическом и циклическом растяжении образцов. Установлено границы выносливости  $\sigma_N$  на базе испытаний  $N$ , равной  $2 \cdot 10^6$  cycles.

*SUMMARY.* Characteristics of static and fatigue strength of basalt reinforcement of diameter 4; 6; 8; 10 and 12 mm were evaluated under static and cyclic tension of specimens. The ultimate strength  $\sigma_N$  on the testing base  $N$ , equal to  $2 \cdot 10^6$  cycles was established.

*Kulchytsky-Zhyhailo R. and Bajkowski A.* Elastic coating with inhomogeneous interlayer under normal and shear loading ..... 84

*РЕЗЮМЕ.* Розглянуто тривимірну задачу теорії пружності про навантаження неоднорідного півпростору нормальними і дотичними зусиллями, розподіленими в круговій області його поверхні. Півпростір складається з однорідних основи та шару, і проміжного неоднорідного шару, коефіцієнт Пуассона якого сталий, а залежність модуля Юнга від відстані до поверхні основи описує лінійна функція. Досліджено вплив товщини проміжного шару на розподіл розтягальних напружень у покриві.

*РЕЗЮМЕ.* Рассмотрена трехмерная задача теории упругости о нагружении неоднородного полупространства нормальными и касательными усилиями, распределенными в круговой области его поверхности. Полупространство состоит из однородных основания и слоя, а также промежуточного неоднородного слоя, коэффициент Пуассона которого постоянный, а зависимость модуля Юнга от расстояния до поверхности основания описывает линейная функция. Исследовано влияние толщины промежуточного слоя на распределение растягивающих напряжений в покрытии.

*SUMMARY.* The analytical solution of the three-dimensional elasticity problem on inhomogeneous half-space under normal and tangential loading applied in circular area of its surface was obtained. Half-space is composed of the homogeneous base, homogeneous coating and inhomogeneous interlayer which Poisson's ratio is constant and its Young's modulus is described by the linear function of the distance to the base surface. The influence of the interlayer thickness on the tensile stresses in coating was studied.

*Sakharuk O. M., Muravskii L. I., Holynskii I. S., and Lychak O. V.* Determination of the local displacement field by the digital speckle correlation technique with image adaptive segmentation ..... 92

*РЕЗЮМЕ.* Запропоновано метод цифрової спекл-кореляції, що ґрунтується на адаптивній сегментації зображень шорстких поверхонь на фрагменти довільної форми з урахуванням структури та розмірів усіх спеклів, присутніх на цих зображеннях. Метод використано для визначення полів переміщень поверхні дюралюмінієвої балки з бічною втомною тріщиною за триточкового навантаження.

*РЕЗЮМЕ.* Предложен метод цифровой спекл-корреляции, основывающийся на адаптивной сегментации изображений шероховатых поверхностей на фрагменты произвольной формы с учетом структуры и размеров всех спеклов, которые присутствуют на этих изображениях. Метод использован для определения полей перемещений поверхности дюралюминиевой балки с боковой усталостной трещиной при трехточечном нагружении.

*SUMMARY.* Digital speckle correlation technique on the basis of adaptive segmentation of rough surface images into arbitrary shape subimages taking into account

the structure and dimensions of all speckles available in these images with their further correlation processing is proposed. The technique is used for determination of the surface displacement field on of the duralumin beam with an edge fatigue crack under three-point loading.

*Ostash O. P., Voldemarov O. V., and Hladysh P. V.* Diagnostics of the structural-mechanical state of steam pipeline steels by coercive-metric method and prediction of their life time .....98

*РЕЗЮМЕ.* Досліджено хімічний і фазовий склад, морфологію структури і фізико-механічні властивості сталей 12Х1МФ і 15Х1М1Ф згинів парогонів теплових електростанцій (ТЕС) після 175...280·10<sup>3</sup> h експлуатації. Експериментально обґрунтована можливість діагностики структурно-механічного стану сталей тривало експлуатованих парогонів за вимірами їх коерцитивної сили  $H_C$ . Запропоновано методику прогнозування залишкового ресурсу на підставі залежностей значення  $H_C$  від часу експлуатації і кількості пусків-зупинок парогонів ТЕС. Констатовано, що необхідно створювати нову базу даних про кореляційні залежності властивостей експлуатаційно деградованих теплозв'язаних сталей від їх структурно-фазового стану і мікропошкодження, оскільки відомі залежності для цих сталей у вихідному стані (постачання) непридатні для такої діагностики.

*РЕЗЮМЕ.* Исследованы химический и фазовый состав, морфология структуры и физико-механические свойства сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф гибов паропроводов тепловых электростанций после 175...280·10<sup>3</sup> h эксплуатации. Экспериментально обоснована возможность диагностики структурно-механического состояния сталей длительно эксплуатируемых паропроводов на базе измерений их коэрцитивной силы  $H_C$ . Предложена методика прогнозирования остаточного ресурса на основе зависимостей значения  $H_C$  от времени эксплуатации и количества пусков-остановок паропроводов ТЭС. Констатировано, что необходимо создавать новую базу данных о корреляционных зависимостях физико-механических свойств эксплуатационно деградированных теплоустойчивых сталей от их структурно-фазового состояния и микроповрежденности, поскольку известные зависимости для этих сталей в исходном состоянии (поставки) непригодны для такой диагностики.

*SUMMARY.* Chemical and phase content, structure morphology and physico-mechanical properties of 12Х1МФ and 15Х1М1Ф steels of heat power plant steam pipeline bends after exploitation during 175...280·10<sup>3</sup> h are investigated. The possibility of diagnostics of the structural-mechanical state of steels of the steam pipelines after long-term service using the measurements of their coercive force  $H_C$  is experimentally grounded. The method of prediction of the residual life time employing the dependences of  $H_C$  on exploitation time and a number of starts and shutdowns of pipelines is proposed. It is shown that it is necessary to create a new data base on correlation dependences of the properties of exploitation degraded heat-resistant steels on their structural-phase state and microdamaging since the known dependences for these steels in the virgin state (as-received) for such diagnostics are unsuitable.

*Markashova L. I. and Kushnariova O. S.* The influence of structure on the mechanical properties of weld metal in welded joints of Al–Cu–Li aluminium alloys ..... 112

*РЕЗЮМЕ.* Использован комплексный экспериментально-аналитический подход для оценки механических свойств сварных соединений сложнолегированного сплава 1460 системы Al–Cu–Li, выполненных аргонодуговой сваркой (присадочные проволоки Св1201 и Св1201 + 0,5% Sc). Определено влияние структурных факторов (хими-

ческого и фазового составов, зеренной, субзеренной и дислокационной структур) на механические свойства (прочность, пластичность, трещиностойкость) металла шва этих сварных соединений, а также структурно-фазового состояния на концентрацию и механизм релаксации внутренних напряжений при легировании металла скандием.

*РЕЗЮМЕ.* Використано комплексний експериментально-аналітичний підхід для оцінки механічних властивостей зварних з'єднань складнолегованого сплаву 1460 системи Al-Cu-Li, виконаних аргонодуговим зварюванням (присадкові дроти Sv1201 та Sv1201 + 0,5% Sc). Визначено вплив структурних факторів (хімічного і фазового складу, зеренної, субзеренної і дислокаційної структур) на механічні властивості (міцність, пластичність, трещиностійкість) металу шва цих зварних з'єднань, а також структурно-фазового стану на концентрацію внутрішніх напружень за легування металу скандієм.

*SUMMARY.* The complex experimental-analytical approach to evaluation of the mechanical properties of welded joints made of complex-alloyed 1460 alloy of Al-Cu-Li system prepared by argon-arc welding (filler wires Sv1201 and Sv1201 + 0.5% Sc) is used. The properties (strength, plasticity, crack growth resistance) due to the influence of the structure-phase conditions of weld metal and also the formation of internal stress concentration and mechanisms of its relaxation are determined considering specific contribution of structural factors, namely chemical (scandium content) and phase composition, grain, sub-grain and dislocation structure as well as phase precipitations forming.

*Matychak Ya. S., Fedirko V. M., Pohrelyuk I. M., Tkachuk O. V.* Kinetics of diffusion saturation of BT1-0 titanium alloy by nitrogen and oxygen at a temperature of 950°C ..... 119

*РЕЗЮМЕ.* Аналітично відображено роль азоту та кисню як  $\alpha$ -стабілізаторів у формуванні в титановому сплаві BT1-0 тришарової дифузійної зони (на базі  $\alpha$ -, ( $\alpha+\beta$ )- і  $\beta$ -фаз). Розраховано константи росту цих шарів (для  $T = 950^\circ\text{C}$ ), що дало можливість передбачити кінетику зміни їх товщин і розподіл елементів втілення (азоту чи кисню) в дифузійній зоні. Експериментально зафіксовано еволюцію (після витримок 1 і 5 h) мікроструктури приповерхневого шару титану після азотування.

*РЕЗЮМЕ.* Аналитически отображена роль азота и кислорода как  $\alpha$ -стабилизаторов в формировании в титановом сплаве BT1-0 трехслойной диффузионной зоны (на базе  $\alpha$ -, ( $\alpha+\beta$ )- и  $\beta$ -фаз). Рассчитаны константы роста этих слоев (для  $T = 950^\circ\text{C}$ ), что дало возможность предвидеть кинетику изменения их толщин и распределение элементов внедрения (азота или кислорода) в диффузионной зоне. Экспериментально зафиксирована эволюция (после выдержек 1 и 5 h) микроструктуры приповерхностного слоя титана после азотирования.

*SUMMARY.* The role of nitrogen and oxygen as  $\alpha$ -stabilizers in the formation of three-layered diffusion zone (on the base of  $\alpha$ -, ( $\alpha+\beta$ )- and  $\beta$ -phases) in BT1-0 titanium alloy was investigated analytically. The constants of growth of these layers (for  $T = 950^\circ\text{C}$ ) were calculated, thus allowing to foresee the kinetics of change of their thickness and distribution of the interstitial elements (nitrogen or oxygen) in the diffusion zone. The microstructure evolution (holding times of 1 and 5 h) of the microstructure of the near-surface layer of titanium after nitriding was recorded experimentally.

*Buketov A. V., Sapronov O. O., Brailo M. V., and Aleksenko V. L.* The influence of ultrasonic treatment on the physical, mechanical and thermal properties of epoxy nanocomposites ..... 126

*РЕЗЮМЕ.* Досліджено вплив оптимального режиму ультразвукової обробки на фізико-механічні і теплофізичні властивості нанокомпозитів, максимальні показники яких спостерігали за введення у епоксидну в'язь нанодисперсного наповнювача спеченого композита при вмісті 0,05 м.р. на 100 м.р. епоксидного олігомеру. При цьому адгезійна міцність під час зсуву становить  $\sigma_{\tau} = 15,0$  МПа, модуль пружності –  $E = 3,7$  ГПа, руйнівні напруження за згину –  $\sigma_B = 100$  МПа, теплотривкість (за Мартенсом) –  $T = 342$  К.

*РЕЗЮМЕ.* Исследовано влияние оптимального режима ультразвуковой обработки на физико-механические и теплофизические свойства нанокомпозитов, максимальные показатели которых наблюдали при введении в эпоксидное связующее нанодисперсного наполнителя спеченного композита при содержании 0,05 м.р. на 100 м.р. эпоксидного олигомера. При этом адгезионная прочность при сдвиге составляет  $\sigma_{\tau} = 15,0$  МПа, модуль упругости –  $E = 3,7$  ГПа, разрушающее напряжение при изгибе –  $\sigma_B = 100$  МПа, теплостойкость (по Мартенсу) –  $T = 342$  К.

*SUMMARY.* The optimal mode of ultrasonic treatment on the physico-mechanical and thermal-physical properties of nanocomposites is investigated. Maximum values of which were observed with the introduction of epoxy binder nano-dispersive filler of the sintered composite, the epoxy oligomer content being 0.05 m.p. per 100 m.p. In this case, the adhesive shear strength is  $\sigma_{\tau} = 15.0$  MPa and the elasticity modulus –  $E = 3.7$  GPa, tensile stress in bending –  $\sigma_B = 100$  MPa and temperature resistance (Martens) –  $T = 342$  K.

*Kulynych Ya. P. and Tryhub I. I.* Detection of subsurface local defects of metallic structures using the method of correlation signal processing..... 133

*РЕЗЮМЕ.* Для визначення місця розташування підповерхневих локальних дефектів у металевих конструкціях запропоновано метод кореляційної обробки сигналів. Подано результати числової та експериментальної верифікації, які підтверджують його ефективність та достовірність.

*РЕЗЮМЕ.* Для определения места расположения подповерхностных локальных дефектов в металлоконструкциях предложен метод корреляционной обработки сигналов. Приведены результаты численного и экспериментального тестирования, которые подтверждают его эффективность и достоверность.

*SUMMARY.* To determine the location of subsurface local defects in structures using the eddy current non-destructive testing method it is proposed to use the correlation signal processing method. The presented results of numerical and experimental testing, obtained by this method, prove its effectiveness and reliability.

## IN SCIENTIFIC CIRCLES

*Tóth L. and Nykyforchyn H. M.* The 13<sup>th</sup> Polish-Ukrainian-German Summer School on Fracture Mechanics and Strength of Materials ..... 138