

В. О. Колесніков. Підвищення корозійної тривкості деталей з важкооброблюваних матеріалів за механічної обробки. Досліджено вплив нових змащувальних охолоджувальних рідин (ЗОР) на основі соняшникової (ЗОРс), ріпакової (ЗОРр) та нафтової (ЗОРн) оливо на механічну оброблюваність таких сталей: низькокремністої, 38ХН3МФА, DDT 68, Р900, а також сплавів ЕП 741 та ЕП 742. Виконано електрохімічні дослідження (у ЗОР та мінералізованій воді), аналіз яких дає змогу ґрунтовніше обирати ЗОР для механічної обробки роторних сталей типу 38ХН3МФА. Значення густини струму корозії для сталі 38ХН3МФА залежить від природи основи ЗОР і зростає у такій послідовності: соняшникова < ріпакова < нафтова. Встановлено, що застосування ЗОРс або ЗОРр підвищує опір корозії сталі 38ХН3МФА. Післяопераційний захисний ефект ЗОР оцінено за продуктами корозії на стружці.

У НАУКОВИХ КОЛАХ

НАУКОВІ СЕМІНАРИ ФМІ НАН УКРАЇНИ

ПРОБЛЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

(керівник – академік НАН України З. Т. Назарчук)

У 2018 р. відбулось дев'ять засідань семінару, на яких заслухано та обговорено такі доповіді.

О. О. Вертій (Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, Харків). **Електромагнітні методи детектування і візуалізації прихованих об'єктів у широкому діапазоні частот.** Розглянуто експериментальні та теоретичні підходи для визначення параметрів прихованих об'єктів електромагнетними методами.

І. М. Яворський. **Розроблення стохастичних нелінійних моделей коливань пружних тіл і засобів їх застосування у задачах вібродіагностики втомних пошкоджень елементів конструкцій.** Розглянуті методи спектрального аналізу періодично нестаціонарних випадкових вібрацій за невідомого періоду нестаціонарності. Обґрунтовані спектральні функціонали для визначення області частот, яка зазнає періодично нестаціонарних часових змін. Показано, що точки екстремальних значень таких функціоналів є асимптотично незміщеними та слушними оцінками базової частоти періодично нестаціонарного випадкового сигналу. На основі розв'язків нелінійних рівнянь, які виражають необхідні умови існування екстремумів, з використанням методу малого параметра отримано перші наближення для зміщень та дисперсій оцінок, які дають можливість обчислювати систематичні та середньоквадратичні похибки оцінювання залежно від довжини реалізації та параметрів сигналу.

Л. І. Муравський. **Розроблення технологій діагностування елементів конструкцій та локального руйнування засобами оптичної спекл-метрології, фазозсувної інтерферометрії та цифрової голографії.** На основі розробленого швидкісного методу трикрокової фазозсувної інтерферометрії створено та апробовано нові методики відтворення рельєфу поверхні, екстрагування 3D шорсткості та хвилястості, моніторингу еволюції поверхні зразків металів і сплавів титану після наводнювання, встановлення місця зародження макротріщини у зразках із вирізами за циклічних навантажень. Метод покладено в основу створення макетного зразка 3D оптичного профілометра для відтворення рельєфу поверхні. Розроблено методику побудови полів переміщень шорсткої поверхні за допомогою цифрової голографії Френеля. Запропоновано новий алгоритм автоматичної швидкої обробки цифрових голограм та розроблено схему і програмне забезпечення для відновлення рельєфу поверхні зразків за двома довжинами хвиль.

Ю. І. Канюк. **Розроблення методик оцінювання залишкової довговічності елементів колісної пари та рейки.** В основу методик закладено побудовані розрахункові моделі зародження та поширення втомних тріщин, які ґрунтуються на енергетичних підходах механіки руйнування матеріалів. Сформульовану модель зародження втомної тріщини з поверхні гладкого мікроконцентратора механічних напружень застосовано для розрахунку залишкового ресурсу осі колісної пари з гладкою мікро раковиною на її поверхні.

І. Я. Долінська. **Діагностування руйнування матеріалів і визначення залишкового ресурсу елементів конструкцій за локальної повзучості.** На основі сформу-

льованого енергетичного підходу розроблено методи дослідження сповільненого руйнування матеріалів і елементів конструкцій з тріщинами повзучості за дії довготривалих циклічних і статичних навантажень, впливу воденьвмісних і корозивних середовищ, нейтронного опромінення. Побудовано розрахункові моделі для опису такого сповільненого руйнування конструкційних матеріалів через параметри сигналів акустичної емісії. Застосовуючи метод акустичної емісії, розробили методику для побудови кінетичних діаграм поширення тріщин, в основі якої лежить декодер переходу кінетичних діаграм через параметри акустичної емісії до кінетичних діаграм у координатах коефіцієнт інтенсивності напружень–швидкість поширення тріщини.

І. М. Журавель. Інформаційна технологія аналізу зображень у кількісній металографії. Розроблено нові технології опису структурних складових метало- та фрактографічних зображень і створено на цій основі комплекс методів їх кількісного аналізу, який використовують для моніторингу стану металевих конструкцій. Він охоплює всі основні етапи досліджень у кількісній металографії – від формування зображень, виділення об'єктів інтересу, їх геометричного аналізу до візуалізації результатів. Серед розроблених слід виділити такі методи: бінаризації напівтонових зображень з використанням оптимального, з точки зору деталізації, значення порога, який обчислюють із застосуванням кореляційної функції; обчислення фрактальної розмірності з використанням поверхневого інтеграла, який, на відміну від відомих підходів, дає можливість коректно опрацьовувати напівтонові зображення без необхідності їх бінарного подання; визначення усередненого розміру зерен металу за металографічним зображенням, який дає можливість автоматизувати обчислення та аналізувати металографічні зображення з незамкнутими межами зерен; визначення орієнтації та видовженості зерен на металографічних зображеннях за допомогою перетворень Хафа; моделювання меж зерен металу за допомогою діаграм Воронова, який надає нові можливості для аналізу зеренної структури металів.

І. М. Яворський. Розроблення стохастичних нелінійних моделей коливань пружних тіл і засобів їх застосування у задачах вібродіагностики втомних пошкоджень елементів конструкцій. Проаналізовано властивості оцінок основної частоти за дискретними даними, отримано формули для обґрунтованого вибору кроку дискретизації. Розвинутий метод спектрального аналізу використано для виявлення частотних смуг періодичної нестационарності промислових об'єктів. Розроблено методи взаємкореляційного та взаємспектрального аналізу періодично нестационарних вібрацій за невідомого періоду, показано їх ефективність для локалізації дефектів та виявлення їх типів.

Л. І. Муравський. Розроблення технологій діагностування елементів конструкцій та локального руйнування засобами оптичної спекл-метрології, фазозсувної інтерферометрії та цифрової голографії. Запропоновано новий оптико-цифровий метод виявлення підповерхневих дефектів у композитних панелях та з'єднаннях за динамічними спекл-зображеннями досліджуваної поверхні. Метод дає можливість створювати оптико-цифрові пристрої неруйнівного контролю та виявлення підповерхневих дефектів, які здатні працювати в натурних умовах. Розроблено новий кореляційний підхід до визначення полів 3D переміщень поверхні за допомогою однієї відеокамери на основі лог-полярного перетворення Фур'є–Мелліна. Створено переносний оптико-цифровий корелятор, який використано для визначення деформацій стінок паливного бака ракети-носія та вимірювання прогинів і деформацій залізобетонних конструкцій підземного переходу на станції метро “Святошин” у Києві. Розроблено експериментальну методику визначення жорсткості штифтових і болтових з'єднань метал–композит, а також створено вимірювальний комплекс для дослідження зминання та овалізації з'єднань. Методом малих деформацій досліджено пружний гістерезис та ефекти мікрозміцнення трубних низьковуглецевих сталей і сплавів. Доведено, що механічні характеристики металів за дії малих деформацій можна покласти в основу реальної оцінки залишкового ресурсу наводнених металів. Розвинуто коноскопічний метод дослідження індукованих оптичних ефектів, запов-

нено матриці п'єзо- та пружнооптичних коефіцієнтів низки низькосиметричних кристалів, перспективних для фотопружних та акустооптичних застосувань.

О. М. Станкевич. **Методологічні основи ідентифікування типів макроруйнування матеріалів за енергетичними параметрами акустичної емісії.** Здійснено актуальні теоретико-експериментальні дослідження для створення сучасних методик діагностування макроруйнування твердих тіл та оцінювання стану конструкційних матеріалів шляхом побудови нових математичних моделей полів переміщень внаслідок розвитку пошкоджень у багатошарових структурах та нового критерію оцінки типів макроруйнування матеріалів за енергетичними параметрами вейвлет-перетворення (ВП) сигналів акустичної емісії. На основі побудованого критерію створено прикладні методики ідентифікування типів руйнування алюмінію, алюмінієвих сплавів та їх зварних з'єднань, механізмів руйнування волоконних композитних матеріалів, визначення моменту старту тріщин низькотемпературної повзучості, якісного ранжування стоматологічних полімерів та конструкцій, а також методику оцінювання стану локальної водневої деградації матеріалів за енергетичними та частотними параметрами ВП сигналів магнетоакустичної емісії.

Д. Б. Куриляк

ПРОБЛЕМИ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА ТА ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ МЕТАЛІВ

(керівники – чл.-кор. НАН України, д. т. н., проф. В. М. Федірко
та д. т. н., проф. О. П. Осташ)

У 2018 р. на шести засіданнях семінару заслухано та обговорено такі доповіді.

В. М. Гвоздецький. **Підвищення фізико-механічних та трибологічних характеристик електродугових покривів за використання надзвукового повітряного струменя.** Подано результати досліджень щодо формування електродугових покривів з порошкових дротів, нанесених за підвищеного тиску повітряного струменя. Подальші дослідження спрямовані на встановлення впливу параметрів надзвукового струменя на структуру та фазовий склад електродугових покривів з порошкових дротів із шихтових матеріалів на основі ферохромбору і В₄С та суцільних дротів із алюмінієвих сплавів; впливу оптимального вмісту легувальних елементів на структуру напилених покривів, їх фізико-механічні характеристики та зносотривкість; кореляції між структурою напилених електродугових покривів із алюмінієвих сплавів та структурою, фізико-механічними характеристиками і зносотривкістю плазмоелектролітних оксидних покривів.

Я. Я. Сірак. **Вплив міді та нікелю на формування плазмоелектролітних шарів алюмінієвих газотермічних покривів.** Вперше доведено, що під час плазмоелектролітної обробки (ПЕО) алюмінієвих газотермічних покривів або сплавів, легованих міддю або нікелем (оксиди яких відновлюються розплавом алюмінію в плазмовому каналі), відбувається синтез не оксидних, а металооксидних композиційних шарів на основі оксиду алюмінію із включеннями пластичних часточок міді або нікелю. На основі термодинамічних розрахунків та експериментальної апробації розкрито механізм синтезу мідь- та нікельвмісних оксидокерамічних шарів на легованих газотермічних покриттях під час їх ПЕО в слаболужних електролітах. Встановлено взаємозв'язок між енергією одиничного плазмового розряду під час ПЕО та розміром металевих включень в оксидному шарі. Запропоновано емпіричну формулу для визначення критичного розміру металевих включень у газотермічному покритті із алюмінієвого сплаву. Вперше показано, що в умовах граничного навантаження під час фрикційної взаємодії ПЕО шару з дисперсними включеннями міді зі сталлю або чавуном, за наявності в мастилі водного розчину гліцерину, реалізується вибіркове масоперенесення, внаслідок якого коефіцієнт тертя та зношування зменшуються на порядок.

І. С. Кухар. Вплив структурно-фазового стану хромистих сталей на їх окрихнення у свинцевих розплавах. Встановлено вплив структурного класу сталей на рідкометалеве окрихнення в розплавах свинцю та евтектики свинець–вісмут за одноговісного розтягу. Показано, що максимальне окрихнення (~ 35%) характерне для армко-заліза за температури 300°C. Легування заліза 11% Cr (феритна сталь SUH 409L) зсуває температуру рідкометалевого окрихнення до 450°C та знижує пластичність до 13%. Для сталі ферито-мартенситного класу 20X13 у розплаві свинцю пластичність знижується на 11% порівняно з вакуумом за температури 350°C. В евтектиці свинець–вісмут температура рідкометалевого окрихнення сталі 20X13 вища, ніж у свинці (400°C проти 350°C), і пластичність зменшується на 20% порівняно з вакуумом. Для сталей аустенітного класу за одноговісного розтягу окрихнення не спостерігаємо. Встановлено вплив розміру зерна феритної сталі Fe–11Cr на температурний діапазон рідкометалевого окрихнення у розплаві свинцю. Показано, що зі збільшенням розміру зерна з 35 до 75 μm температура рідкометалевого окрихнення знижується з 500 до 400°C, а вплив середовища посилюється (втрата пластичності зростає з 11 до 18%). Збільшення зерна від 90 до 160 μm у сталі аустенітного класу X18H10T за температури вище 400°C зменшує ефект пластифікації з 8 до 6%. Для сталей феритного, ферито-мартенситного та аустенітного класів (Fe–11Cr, 20X13 та X18H10T відповідно) у свинцевому розплаві та евтектиці свинець–вісмут за циклічного чистого згину спостерігаємо синергетичний ефект впливу середовища та циклічного деформування поверхневих шарів, що значно знижує довговічність металу. Евтектика свинець–вісмут проти свинцю посилює негативний вплив середовища.

В. В. Березовець. Нові магнійвмісні сплави та композити як ефективні матеріали для акумулювання та генерування водню. Висвітлено перспективні способи активації та пришвидшення гідрування-дегідрування магнію механічною обробкою у високоенергетичних кульових млинах. Показано доцільність використання водню як технологічного середовища для механохімічного синтезу гідридних матеріалів, коли в одній технологічній стадії можна синтезувати гідрид та подрібнювати його до нанокристалічного стану. Подано діаграми систем Mg–M–Ni ($M = \text{Ti}, \text{Mn}$) при 500°C, описано вперше синтезовані сполуки Mg_3TiNi_2 , Mg_3MnNi_2 та їх гідриди. Особливу увагу приділено наводненню сплавів складу $\text{Mg}_{88}\text{M}_4\text{Ni}_8$. Показано, що їх сорбційна ємність становить ~ 5,5 mass% водню. Встановлено кристалічну структуру нових магнійвмісних гідридів/дейтеридів. Показано, що $\text{Mg}_3\text{MnNi}_2\text{D}_{\sim 3}$ є гідридом (дейтеридом) втілення на основі магнію. Для дейтериду $\text{Mg}_3\text{MnNi}_2\text{D}_{\sim 1,8}$ уточнено кристалічну структуру за нейтронографічними даними та встановлено розташування атомів дейтерію в кристалічній ґратці. Показано, що легування магнію Ti, TiO_2 субоксидами $\text{Ti}_4\text{Fe}_2\text{O}_x$ поліпшує кінетику сорбції-десорбції водню і понижує необхідну температуру реакції. Найкращі сорбційні властивості отримано для композитів, синтезованих методом реактивного помелу в середовищі водню для систем Mg–нано-Ti та Mg–нано- TiO_2 . Показано перспективність використання гідролізу Mg/MgH₂ в системах постачання водню для паливних комірок.

О. В. Ткачук. Інженерія поверхні титанових імплантатів. Встановлено, що оксинітриди приблизно еквіатомного складу формуються з нітриду титану, наближеного до верхньої межі області його гомогенності ($\text{TiN}_{0,81\dots 0,90}$). Показано, що за дифузійного насичення у контрольованому азотокисневмісному середовищі такі оксинітриди формуються вже за температур 500...650°C. Показано, що попереднє дифузійне насичення поверхні титану киснем та азотом збільшує адгезію оксинітриду, причому більше за насичення киснем, та підвищує його корозійну тривкість в ізотонічному розчині (0,9% NaCl) у 1,5–3 рази. Встановлено, що термоводнева обробка перед азотуванням підвищує міцність та якість поверхні, зменшує коефіцієнт тертя у парі з хіруленом на 30% за сухого тертя та на 25% у 0,9% NaCl, і не погіршує корозійну тривкість сплаву. Встановлено, що зі збільшенням вмісту кисню в оксинітриді корозійна тривкість титанових сплавів у фізіологічних розчинах та цитосумісність поліпшується. Показано, що найменший вплив на живі клітини спричинили покриття з TiN

і $\text{TiN}_{0,36}\text{O}_{0,64}$, які рекомендовані для подальшого поглибленого тестування їх біологічної дії (зокрема, досліджень *in vivo*). Показано, що найвищий захисний ефект у розчині Рінгера за 37°C спостерігаємо, коли на поверхні титану є гідроксиапатит, сформований плазмоелектролітичним окисненням у кислому електроліті за напруги 200 і 220 V. Показано, що відношення Ca/P у гідроксиапатиті, сформованому за напруги 160 V у лужному електроліті, наближається до співвідношення у кістковій тканині (1,67).

В. М. Гвоздецький. Використання надзвукового повітряного струменя для наплення електродугових покривів системи Fe–Cr–B. Продано результати щодо впливу тиску повітряного струменя й системи розпилення на структуру та фізико-механічні характеристики електродугових покривів з суцільних електродних матеріалів. Встановлено, що підвищення тиску повітряного струменя від 0,6 до 1,2 МПа під час наплення покривів з використанням сопла Лаваля збільшує його швидкість від 300 до 600 m/s, а диспергованих краплин розплаву від 120 до 220 m/s. Підвищення кінетичної енергії краплин зменшує металеві та оксидні ламелі від 20...25 до 3...5 μm ; збільшує когезивну міцність покривів на 20...25 МПа та мікротвердість до 800...850 HV. Використання надзвукового струменя повітря для електродугового наплення (тиск 1,2 МПа) забезпечує підвищення абразивної зносотривкості покривів з порошкових та суцільних електродних матеріалів на 20...50%, що зумовлено збільшенням когезивної міцності та вмісту оксидної фази у покриві.

О. І. Балицький. Розроблення методів оцінювання і способів підвищення міцності і тріщиностійкості конструкційних матеріалів та їх зварних з'єднань з урахуванням структурно-механічної деградації в експлуатаційних середовищах. Встановлено, що легований кобальтом (до 15 mass%) порошковий нікелевий сплав типу Ni56Cr14Co15Mo5Al3Ti3 за показниками міцності і тріщиностійкості переважає деформівний сплав подібного складу за високих температур на повітрі, однак є чутливішим до дії газоподібного водню за тиску до 30 МПа. Це проявляється значним зниженням вказаних характеристик і суттєвим водневим окрихченням у широкому інтервалі температур. Дослідження тонкої структури після подвійного гартування та ступінчастого старіння показали, що додаткове легування дрібнодисперсного порошкового сплаву гафнієм (який підвищує енергію когезії когерентних γ та γ' -фаз) за 800°C (коли через різний коефіцієнт теплового розширення когерентність порушується) забезпечує когезивну міцність меж, пластичність і довговічність на повітрі. Аналогічне поліпшення механічних характеристик деформівного сплаву досягають додатковим легуванням ніобієм. Структурні особливості зародження та поширення тріщин за циклічного навантаження наводнених зразків підтверджують домінуючу роль зміцнювальних фаз. Побудовано базові діаграми циклічної тріщиностійкості, визначено параметри рівняння Періса, що дає змогу оцінювати роботоздатність нікелькобальтових сплавів за їх циклічного деформування у середовищі водню, пов'язуючи розмір дефекту, амплітуду циклічного навантаження, кількість циклів та параметри водневого середовища.

О. Г. Лук'яненко

КОРОЗІЯ. ЗАХИСТ МЕТАЛІВ ВІД КОРОЗІЇ

(керівник – чл.-кор. НАН України, д. т. н., проф. В. І. Похмурський)

У 2018 р. на засіданнях семінару заслухано та обговорено такі доповіді.

С. А. Корній. Прогнозування механізмів взаємодії металевих систем з корозивним середовищем методами квантової хімії. Розвинуто розрахункову методику оцінювання корозії багатокомпонентних металевих систем, яка полягає в отриманні енергетичних характеристик взаємодії складників корозивного середовища з поверхнею та активаційних бар'єрів виходу-іонізації атомів із врахуванням впливу водного

середовища, корозійних іонів та заряду поверхні. Квантово-хімічними розрахунками встановлено атомно-молекулярний механізм та закономірності корозії інтерметалідів Al_2Cu та Al_2CuMg у лужному та кислому середовищах. Розглянуто механізм інгібіторного захисту рамноліпідним біокомплексом алюмінієвих сплавів в умовах постійного утворення свіжих поверхонь, зокрема, трибокорозії, який визначає не лише хемосорбційний зв'язок гідрофільних карбоксильних і карбонільних груп молекули рамноліпиду з поверхнею, але й формування на ній стабільних комплексних сполук.

Б. М. Дацко. Оцінювання ефективності металевих та лакофарбових покриттів для протикорозійного захисту сталей у сірководневих середовищах. На основі електрохімічних властивостей сталі 20 та цинкових і алюмінієвих покриттів розроблено і обґрунтовано новий електрохімічний графічно-аналітичний метод визначення граничних розмірів пошкоджень у покриттях анодного типу, на які ще розповсюджується їх протекторний захист. Виявлено, що нерозчинні продукти корозії внаслідок недостатньої адгезії з поверхнею не сприяють пасивації цинкових покриттів у модельній морській воді з сірководнем. Встановлено, що для захисту сталей від корозії в сірководневих середовищах електрометалізаційні алюмінієві покриття є ефективніші, ніж цинкові.

С. А. Головей. Вплив сульфідів заліза на швидкість корозії і наводнювання вуглецевих сталей та їх сірководневе корозійне розтріскування. Запропоновано нову схему механізму впливу сірководню на наводнювання сталей за утворення на поверхні різних за складом сульфідів. Показано, що наводнювання сталей визначає їх структура і природа сульфидовмісних продуктів корозії на поверхні, які впливають на водневу перенапругу і реакції рекомбінації атомів водню. Показано, що для вуглецевих сталей опірності корозійному розтріскуванню залежить від локалізації корозійних процесів та абсорбції водню. Встановлено, що потенціали анодного окиснення десорбованого з металу водню та окиснення армко-заліза до Fe(II) збігаються. За сукупністю властивостей найпридатнішими для використання у сірководневих середовищах є сталі У8 та 45 з сорбітною структурою.

В. О. Колесніков. Підвищення корозійної тривкості деталей з важкооброблюваних матеріалів за механічної обробки. Досліджено вплив нових змащувальних охолоджувальних рідин (ЗОР) на основі соняшникової (ЗОРс), ріпакової (ЗОРр) та нафтової (ЗОРн) олив на механічну оброблюваність таких сталей: низькокремністої, 38ХНЗМФА, DDT 68, P900, а також сплавів ЕП 741 та ЕП 742. Виконано електрохімічні дослідження (у ЗОР та мінералізованій воді), аналіз яких дає змогу ґрунтовніше обирати ЗОР для механічної обробки роторних сталей типу 38ХНЗМФА. Значення густини струму корозії для сталі 38ХНЗМФА залежить від природи основи ЗОР і зростає у такій послідовності: соняшникова < ріпакова < нафтова. Встановлено, що застосування ЗОРс або ЗОРр підвищує опір корозії сталі 38ХНЗМФА. Післяопераційний захисний ефект ЗОР оцінено за продуктами корозії на стружці.

В. А. Винар. Дослідження трансформації поверхневих шарів корозійнотривких сталей та композиційних матеріалів на нікелевій основі від фрикційного контакту в корозивних середовищах. Досліджено вплив корозивних середовищ на трансформацію поверхневих шарів корозійнотривких сталей та композиційних матеріалів під час фрикційного контакту. Запропоновано новий методичний підхід до визначення складових загального зносу за трибокорозійних досліджень, у якому, крім корозійного, трибологічного та синергетичного корозійно-механічного чинників, запропоновано враховувати водневий як важливий елемент зносу.

І. М. Погрелюк. Дослідження триботехнічної поведінки порошкового спеченого титану різного структурного стану у різних умовах контактної взаємодії та впливу зовнішнього агресивного середовища. Встановлено, що корозійна тривкість композита на основі Ti-6Al-4V з карбідом TiC у 10% водному розчині хлоридної кислоти у 3 рази вища порівняно з матричним матеріалом Ti-6Al-4V . Зі збільшенням концентрації кислоти опір корозії композита суттєво зменшується (на 2 та 3 порядки відповідно у 20-ти та 30%-му водному розчині хлоридної кислоти). Корозійна тривкість композита з включеннями бориду титану у 3–28 разів нижча, ніж з

включеннями карбїду, що пов'язано, очевидно, як з нижчою корозійною тривкістю цих включень у агресивному середовищі, так і з більшою поруватістю означеного композита (8 проти 3%).

Д. Г. Саввакін (Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ). **Встановлення впливу параметрів структури спечених титанових сплавів на їх корозійну тривкість та трибологічні характеристики.** Методом холодного пресування і вакуумного спікання сумішей порошків гїдриду титану, лігатури 60Al–40V та порошків TiC і TiB₂ отримано зразки сплаву Ti–6Al–4V та металоматричних композитів на його основі, зміцнених частинками TiB і TiC. Встановлено вплив типу композита (присутність частинок зміцнювальної фази) та розмірів порошкових частинок гїдриду титану на структурні стани отриманих сплаву і композита з врахуванням загального рівня поруватості. За оптимізованими технологічними параметрами виготовлено дослідні партії спеченого сплаву та композитів для дослідження корозійних характеристик.

І. М. Зінь. **Встановлення механізму захисної дії синергічних композицій за різних температурних умов, складу середовища та швидкості потоку, а також вивчення їх ефективності та оптимізація складу.** Встановлено, що трегалозоліпідні поверхнево-активні речовини, які є продуктами мікробного синтезу, здатні ефективно інгібувати корозію вуглецевої сталі та алюмінієвого сплаву за їх вмісту у корозивному середовищі близькому до критичної концентрації міцелоутворення. Механізм інгібування корозії полягає в адсорбції молекул трегалозоліпїду карбонільними або гідроксильними групами за донорно-акцепторним механізмом до поверхні металу з утворенням бар'єрної плівки, водночас можливе утворення ним малорозчинних комплексних сполук з катіонами металу в околі анодних ділянок.

І. В. Семенюк (Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України). **Оцінка здатності композицій на основі біоПАР до інгібування корозії і біокорозії за різних умов середовища.** Отримано екологічно безпечні біогенні поверхнево-активні речовини (ПАР) трегалозоліпідної і рамноліпідної природи – продукти біосинтезу мікроорганізмів родів *Rhodococcus* і *Pseudomonas*. Із застосуванням біореактора з вихровою системою аерації одержано рамноліпідні біоПАР – рамноліпідний біокомплекс, супернатант культуральної рідини штамів *Pseudomonas*. Оцінено здатність композицій біоПАР з синтетичними ПАР і тіосульфатами до інгібування корозії металів (за різних концентрацій солей та температури середовища), що можна використати для захисту обладнання нафтогазовидобутку.

М. С. Хома. **Дослідження корозійних та зносотривких характеристик зразків з металевими покриттями в корозивно-активних середовищах, які містять сірководень, хлориди та аміак.** Досліджено корозійно-електрохімічні та трибокорозійні характеристики плазово-порошкових наплавов високолегованих сплавів на основі нікелю, кобальту, систем Fe–Cr і Fe–Ni та показано, що високою зносотривкістю (на рівні кобальтового сплаву) у корозивних середовищах за наявності сірководню, хлоридів та аміаку володіє двофазний сплав системи Fe–Ni. Низька електрохімічна гетерогенність цього сплаву забезпечує рівномірну корозію, що сприяє його корозійній та трибокорозійній тривкості у середовищах різної агресивності, які містять сірководень, хлориди та аміак.

Є. Ф. Перепьотчиков (Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України). **Розроблення нових витратних матеріалів для нанесення порошково-плазових покриттів та дослідження їх протикорозійних і зносотривких властивостей.** Розроблені нові витратні матеріали для створення захисних зносо- та жаротривких покриттів. Виявлено, що у проточній водяній парі за атмосферного тиску і температури 545°C дослідний сплав на основі нікелю та заліза має вищу корозійну тривкість порівняно зі сплавом на основі Fe–Cr, що забезпечує меншу глибину корозії ущільнювальних елементів поверхонь запірної арматури.

Н. Б. Рацька

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. ОРИНЯК*, *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. ГАППІС* (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. ORYNIAC*, *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.pcm@gmail.com

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

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

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

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

Технічний редактор *І. В. Калинюк*

Зав. групою комп'ютерної підготовки видання *І. В. Калинюк*

Комп'ютерний набір *Л. Г. Копчак*, *Г. М. Кулик*

Підписано до друку 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. Б.</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 високо-енергетичного 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 $Al_{87}P_{3}M_{5}Ni_{8}(Fe)$ 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., Brezinova J., Brezina J., Maruschak P. O.</i> Структура та механічні властивості лазерних зварних з'єднань сталевих пластин з цинковими покриттями.....	47
<i>Коломісць В. В., Антощенко Р. В., Рідний Р. В., Богданович С. А., Фабричникова І. А.</i> Оптимізація процесу оброблювання неоднорідних наплавлених деталей тракторів.....	52
<i>Огородніков В. А., Архипова 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 плазмо-електролітного оксидування на діелектричні властивості покривів на сплав 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. Б.</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., Хрущик 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 плазмoeлектролитического 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>Дацкишин 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., Скъба 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

<i>Prikhna T. O., Podhurska V. Ya., Ostash O. P., Vasylyv B. D., Sverdun V. B., Karpets M. V., and Serbeniuk T. B.</i> The influence of technology of obtaining composites based on titanium MAX-phases on wear under contact with copper. Part 2. One-step technology	7
<i>Basaraba Yu. B., Zasadnyi T. M., Lutsyshyn T. I., and Marchuk I. Ye.</i> The influence of high-energy milling in hydrogen on phase-structural state of alloys based on the Laves phases	14
<i>Boichyshyn L. M., Khrushchuk Kh. I., Kovbuz M. O., Hertsyk O. M., and Hula T. H.</i> Peculiarities of transition of the amorphous $Al_{87}REM_5Ni_8(Fe)$ alloys into the crystalline state due to temperature influence	21
<i>Gubenko S. I.</i> Transformation of non-metallic inclusions in steels under high-temperature heating	30
<i>Babak V. P., Shcepotov V. V., Gladkii Ya. N., Suprun T. T., and Bys S. S.</i> Structural regeneration of coatings under friction	35
<i>Lukaszewicz A.</i> Temperature field in the contact area under friction welding of metals in rotation	41
<i>Vinas J., Brezinova J., Brezina J., and Maruschak P. O.</i> Structural and mechanical features of laser welded joints of zinc-coated advanced steel sheets	47
<i>Kolomiets V. V., Antoshchenkov R. V., Ridnyi R. V., Bogdanovich S. A., and Fabrichnikova I. A.</i> Optimization of processing of the inhomogeneous deposited materials of tractor details	52
<i>Ogorodnikov V. A. and Arkhipova T. F.</i> Prediction of mechanical properties of metals after cold pressure treatment	61
<i>Gutsalenko Yu. G., Sevidova E. K., and Stepanova I. I.</i> The influence of plasmoelectrolytic oxidation regimes on the dielectric properties of coatings on D16T alloy	66
<i>Parashchuk L. Ya., Atamaniuk V. V., and Smychok V. D.</i> Development of the composition of complex expansive addition and its influence on the concrete strength	72
<i>Datsyshyn O. P., Glazov A. Yu., and Lenkovskiy T. M.</i> Estimation of contact lifetime of 65Г steel by spalling formation criterion	80
<i>Shopa T. V.</i> Transversal vibrations of an orthotropic plate with a set of inclusions of arbitrary configuration with different types of connections with a plate	89
<i>Harmatiy H. Yu., Popovych V. S., and Krul M.</i> The influence of material thermosensitivity on non-steady thermal state of a multilayer plate	98
<i>Kyrylova O. I. and Mykhaskiv V. V.</i> Time-harmonic vibrations and resonance effects under antiplane shear of a hollow elastic cylinder with a crack	105
<i>Stasiuk B. M., Kret N. V., Zvirko O. I., and Shtoiko I. P.</i> Analysis of the stress state of a gas pipeline pipe with a hydrogen-induced macrodefect	113
<i>Vasylyev G. S.</i> Polarization resistance technique adaptation for corrosion rate measurement in the conditions of formation of low soluble iron corrosion products	119
<i>Stechyshyn M. S., Skyba M. Ye., Sukhenko Yu. H., and Tsepenyuk M. I.</i> Fatigue strength of nitrided steels in corrosion-active environments of food production industry	125
IN SCIENTIFIC CIRCLES	
<i>Kuryliak D. B.</i> Problems of technical diagnostics and remote sensing	130
<i>Lukyanenko O. H.</i> Problems of materials science and surface engineering of metals	132
<i>Ratska N. B.</i> Corrosion. Corrosion protection of metals	134
<i>Frankevych L. F.</i> Defence of thesis	137
<i>Hredil M. I.</i> The Sixth international conference "Fracture Mechanics and Structural Integrity" (FMSI 2019)	143
OUR LOSSES	
<i>In the memory of Ihor Ivanovych Vasilenko</i>	144

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Міжнародний двомісячний журнал “Фізико-хімічна механіка матеріалів”, який видає англійською мовою видавництво Springer Verlag під назвою “Materials Science”, друкує результати досліджень та оглядові праці у галузі міцності та довговічності конструкційних матеріалів, охоплюючи механіку руйнування, зокрема з урахуванням робочих умов, та суміжні ділянки матеріалознавства, фізики і хімії. Окремі рубрики присвячені зміцнювальним технологіям, методам захисту від корозії (інгібітори, покриття тощо), інженерії поверхонь і оптимізації структури, а також діагностиці та неруйнівному контролю елементів конструкцій.

Журнал публікує статті українською, російською та англійською мовами.

Вимоги до оформлення статті

1. Назву статті (**не більше двох рядків**) слід подати трьома мовами.
2. Обсяг статей (крім оглядових) разом з таблицями, рисунками та підписами до них і списком літератури не повинен перевищувати 12 тис. знаків (6 сторінок) шрифтом Times New Roman 10,5п з полуторним інтервалом.

3. Стаття повинна містити **ключові слова**, стислий виклад стану проблеми, опис предмета, мети і методу досліджень, результати та їх обговорення, висновки, за винятком коротких повідомлень обсягом не більше трьох сторінок.

4. **Резюме англійською, українською та російською мовами** до 20 рядків повинні містити **конкретні результати** і починатися словами “отримано...”, “показано...”.

5. На рисунках не повинно бути словесних позначень. У тексті статті вказують місце рисунка. Підписи пишуть мовою оригіналу та англійською. Англійський підпис мусить повністю пояснити, що зображено на рисунку. Рисунки, по змозі, роблять однакових розмірів, а їх ширина не має перевищувати 6 см. Подібні рисунки об'єднують у групи (Рис. *Ха, b, c, ...*). Рисунки, які у статті не аналізують і не використовують для наукових висновків, не поміщати. Не можна дублювати ті самі дані в таблицях, графіках і тексті статті, а також підписи під рисунками у тексті.

6. Для позначення величин вживати літери тільки латинської та грецької абеток. Всі символи треба пояснити в тексті. Не застосовувати індекси у вигляді початкових літер якогось слова, а замінити їх на цифри (наприклад, a_0 замість $a_{\text{поч.}}$). Номер формули вказують, якщо **на ній далі є посилання**.

7. Фізичні величини подають в одиницях СІ, користуючись міжнародними позначеннями.

8. Цитовану літературу треба обмежити тільки найважливішими працями. Список літератури подають у порядку посилання в статті **мовою оригіналу** (можна дублювати англійською мовою), як вказано нижче.

Мазурак Л. П., Бережницький Л. Т., Качур П. С. Пружна рівновага ізотропних тіл із криволінійними включеннями // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 1998. – № 6. – С. 21–31.

Ang H. E. and Gao Y. L. Strength prediction of unidirectional composites with a circular hole // Int. J. of Fracture. – 1992. – 56, № 2. – Р. 23–29. (**Для журнальних статей**).

Кортен Х. Т. Механіка розрушення композитов // Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М.: Мир, 1976. – Т. 5. – С. 367–471.

Speidel H. J. C., Uggowitzer P. J. and Speidel M. O. Properties of cold worked high-nitrogen chromium based alloys // 5th Int. Conf. on High Nitrogen Steels (Espoo, Finland, May, 24–26, 1998). – Stockholm, Sweden, 1998. – Р. 124. (**Для статей у збірнику**).

Похмурський В. І., Федоров В. В. Вплив водню на дифузійні процеси в металах. – Львів: Вид. ФМІ НАН України, 1998. – 208 с. (**Для монографій**).

9. Обсяг огляду та літературу до нього можна збільшити залежно від тематики та інформативності.

Разом із двома видруками в редакцію подають коп'ютерну версію статті, підготовлену в редакторі Microsoft Office Word 2003 for Windows XP (конвертувати формули для Math Type 5), та рисунки у форматах *.tif або *.cdr (лише в чорно-білому виконанні). Статтю пересилають Е-поштою (як attachment).

10. До статей додають дані про авторів (ПІБ повністю (трьома мовами), № телефону, Е-пошту), а також назву й адресу установи, в якій виконано роботу, і вказують контактну особу.

Статті, не оформлені за цими правилами, редакція не розглядатиме.

Докладнішу інформацію можна отримати телефоном: (032) 263-73-74.

E-mail: journal.pcm@gmail.com