

**НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ СЕМІНАР
МОЛОДИХ УЧЕНИХ
“НАУКОВІ ШКОЛИ ФМІ – ЕСТАФЕТА ПОКОЛІНЬ”**

(керівники: д. х. н., пров. н. с. І. Ю. Завалій та к. т. н., ст. н. с. А. Т. Синявський)

У 2012 р. відбулося десять засідань, на яких заслухано та обговорено такі доповіді.

В. Р. Скальський (ФМІ НАН України, Львів). **Застосування ефекту Беркгаузена для оцінки водневої пошкодженості феромагнетиків.** Розглянуто стан і перспективи розвитку методів діагностування ступеня деградування феромагнетних матеріалів з використанням магнетопружної акустичної емісії. Детально подано теоретичні основи методології. Продемонстровано залежність сигналів магнетопружної акустичної емісії від ступеня водневої пошкодженості досліджуваних матеріалів та наявності пластичних деформацій. Апробовано чутливість методу до різних механізмів деградування. На основі результатів теоретико-експериментальних досліджень сформульовано основні ідеї концепції побудови апаратурних вимірювальних засобів, виготовлено зразки та описано процедуру метрологічної атестації.

Т. І. Вороняк (ФМІ НАН України, Львів). **Використання методів спекл-інтерферометрії для дослідження полів переміщень і деформацій поверхні.** Розглянуто розвиток у Фізико-механічному інституті НАН України методів лазерної і спекл-інтерферометрії для дослідження геометрії та полів мікропереміщень гладких і шорстких поверхонь. Показано, що висока чутливість цих методів (одиниці нанометрів) у поєднанні з фазозсувними технологіями дає змогу визначати розміри пластичної зони, параметр зони передруйнування d^* , шорсткість поверхні та її зміну, приховані дефекти тощо. Наведено результати експериментальної апробації цих методів та засобів, створених на їх основі, під час дослідження металевих і композитних зразків конструкційних матеріалів, які піддавались різноманітним механічним, тепловим та акустичним навантаженням. Обговорено перспективи використання цих інтерферометричних методів та засобів для задач неруйнівного контролю і діагностики елементів конструкцій та машин.

Я. Л. Іваницький (ФМІ НАН України, Львів). **Визначення характеристик тріщиностійкості конструкційних матеріалів за складного напружено-деформованого стану.** Розглянуто критерії механіки руйнування для оцінки гранично-рівноважного стану тіл з тріщиною за складного напружено-деформованого стану. Викладено експериментальну методологію та конструкцію оригінальних зразків для визначення характеристик тріщиностійкості конструкційних матеріалів за різних (I, II, III) макромеханізмів руйнування. Сформульовано основні положення методики побудови діаграм гранично-рівноваженого стану тіла з тріщиною за змішаного (I+II, I+III) пропорційного навантаження. Наведено результати досліджень впливу газоподібного водню на тріщиностійкість конструкційних матеріалів.

С. А. Корній (ФМІ НАН України, Львів). **Моделювання процесу корозії на базі методів квантової хімії та молекулярної динаміки.** Розглянуто стан та перспективи застосування методів квантової хімії та молекулярної динаміки для вивчення процесів корозії металів та сплавів. Подано характеристики теоретичних методів, їх базових принципів, а також порівняно їх можливості стосовно розрахунку взаємодії компонентів корозивних середовищ із металічною поверхнею. Розглянуто основні

підходи до моделювання металічної поверхні за допомогою кластерів. Детально описано результати моделювання взаємодії інтерметалідів алюмінієвих сплавів із корозивним середовищем із вмістом хлоридів та розрахунків адсорбції кисню з поверхнями бінарних нанокластерів платини. Проаналізовано основні проблеми, які потребують вирішення під час моделювання процесів корозії за допомогою методів квантової хімії та молекулярної динаміки.

I. М. Погрелюк (ФМІ НАН України, Львів). **Інженерія поверхні титанових сплавів за термодифузійного насичення з контрольованих газових середовищ. Азотування.** Подано результати, які розкривають наукові та прикладні перспективи інженерії поверхні титанових сплавів. Показано, що функціональність поверхневих шарів титану та його сплавів забезпечується застосуванням простих і відносно недорогих технологічних процесів термодифузійного насичення з контрольованих газових середовищ. Зокрема, викладено основи інженерії поверхні титанових сплавів за термодифузійного насичення з контрольованого азотовмісного газового середовища (азотування), тобто конструювання спектра структурно-фазових станів приповерхневих шарів з широким діапазоном поверхневого зміцнення (6...20 GPa), які проаналізовано з точки зору функціональної придатності. Обґрунтовано новий підхід до інтенсифікації термодифузійного насичення титанових сплавів азотом, який базується на зміні лімітуючої ланки азотування від дифузії азоту в нітридній плівці до подачі активного газу до зони реакції газ–метал. Показано, що включення в технологічну схему азотування елементів вакуумної технології дає змогу знизити вимоги до чистоти азоту за кисневими домішками під час обробки за температур $> 800^{\circ}\text{C}$ і азотувати за температур α -області ($750\text{...}800^{\circ}\text{C}$). Обґрунтовано температурно-часові та газодинамічні параметри технологічних операцій у вакуумі, що сприяє поліпшенню якості поверхні та підвищенню механічних характеристик.

I. М. Зінь (ФМІ НАН України, Львів). **Застосування електрохімічної імпедансної спектроскопії в корозійних дослідженнях.** Розглянуто застосування електрохімічної імпедансної спектроскопії (ЕІС) в корозійних дослідженнях та подано коротку інформацію про її теоретичні основи. Описано сучасне обладнання для випробувань імпедансним методом. Зроблено порівняльний аналіз методу ЕІС, відзначено такі його переваги, як застосування у дослідженнях малих струмів, що не руйнують зразок, та можливість вивчати об'єкти з високим електричним опором. Наведено характерні приклади використання ЕІС в корозійних дослідженнях, зокрема для виявлення ефективності інгібіторів корозії та захисної дії інгібованих лакофарбових покриттів. Охарактеризовано методи моделювання одержаних імпедансних залежностей із застосуванням спеціальних комп'ютерних програм та перспективні напрямки подальшого розвитку методу ЕІС. Відзначено, що ЕІС відіграє важливу роль у сучасних корозійних дослідженнях, а її можливості з появою сучасної апаратури зростають багатократно, однак завжди необхідно брати до уваги складність досліджуваних систем та залежність електричного сигналу від природи зразка і параметрів експерименту.

V. Paul-Boncour (ICMPE-CMTR, CNRS and UPEC, 2-8 rue H. Dunant, 94320 Thiais, France). **Hydrogen storage in Laves phase compounds using high hydrogen pressure.** Hydrogen can be used as an energy carrier for many applications. It has been discovered that hydrogen can be safely stored in AB_x intermetallic compounds, with A and B forming stable and unstable hydrides respectively. AB_2 Laves phase hydrides (A = Zr, Ti, Y, rare earth; B = transition metal) are interesting materials for hydrogen storage due to their large hydrogen storage capacity combined with a broad range of thermodynamic properties. Application of high hydrogen pressure ($1 < P < 10$ kbar) leads to the formation of

new phases with large H content and original structural and physical properties. The structural and magnetic properties of ZrZ_2H_y ($B = Co, Fe$) and $A(Fe, Mn)_2H_y$ compounds synthesized under high H pressure will be presented and compared with the hydrides synthesized under moderate H pressure ($P < 100$ bars).

О. Б. Рябов (ФМІ НАН України, Львів). **Сучасні методи дифракційних досліджень.** Висвітлено історію відкриття рентгенівських променів і становлення методів дифракційного експерименту (Лауе, батько і син Брегги, Дебай). Показано принцип дії катодної лампи і дифракційного експерименту, альтернативні методи дифракцій – нейтрони, синхротронне рентгенівське опромінення, а також переваги, притаманні рентгенівським та нейтронним дифракційним експериментам. На основі дослідження методом синхротронної порошкової дифракції системи магній–водень наведено приклади використання дифракційних експериментів для визначення розмірів кристалітів та кінетичних параметрів фазово-структурних перетворень.

І. В. Ковальчук (ФМІ НАН України, Львів). **Структурні дослідження нових гідридотвірних матеріалів на основі стабілізованих сполук цирконію, титану та гафнію.** Проаналізовано воденьсорбційні властивості для ряду η -субоксидів $(Ti, Zr)_4Fe_2O_x$ ($x = 0,25; 0,5$), для яких встановлено існування неперервного твердого розчину між сполуками $Ti_4Fe_2O_x$ та $Zr_4Fe_2O_x$. Методами рентгеноструктурного аналізу та нейтронографії досліджено кристалічну структуру дейтеридів, модифікованих киснем інтерметалічних сполук $(Ti, Zr)_4Fe_2O_x$ ($x = 0,25; 0,5$). Показано вплив кисню та заміщення $Ti-Zr$ на воденьсорбційну ємність та розподіл водню в металічній підґратці. Також розглянуто кристалічну структуру дейтеридів Hf_2FeD_4 , $Hf_4Fe_2O_{0,3}D_{7,2}$, $Hf_4Fe_2O_{0,6}D_{3,6}$, для яких зменшується розупорядкування металічної підґратки зі збільшенням вмісту кисню. Вивчено воденьсорбційні властивості κ -фаз на основі цирконію та гафнію та встановлено кристалічну структуру дейтеридів $Zr_9V_4SD_{23}$ та $Hf_9Mo_4SiD_{16,8}$. Для сполуки $Zr_9V_4SD_{23}$ виявлено розупорядкування атомів сірки під час гідрування внаслідок відштовхувальних взаємодій S–H.

І. М. Ляота (ФМІ НАН України, Львів). **Акустико-емісійне діагностування руйнування зварних з'єднань алюмінієвого сплаву.** Встановлено кількісні показники для оцінки зародження та розвитку руйнування у різних зонах зварного з'єднання і основному металі за параметрами пружних хвиль акустичної емісії (АЕ). Показано, що на ранніх стадіях накопичення пошкоджень у кожній зоні зварного з'єднання як за статичного, так і за втомного руйнування АЕ відрізняється своїми амплітудно-частотними характеристиками. Запропоновано залежності, що пов'язують амплітудні показники зареєстрованих сигналів АЕ із площею новоутворених поверхонь макротріщини, а також методику діагностування реальних об'єктів контролю.

В. М. Гвоздецький (ФМІ НАН України, Львів). **Електродугові покриття для підвищення газоабразивної зносотривкості нагрівних елементів котлів ТЕС.** Досліджено механізм формування електродугових покриттів з порошкових дротів системи $Fe-Cr-B-C-Al$ та встановлено, що кількість легувальних елементів суттєво впливає на склад оксидних плівок, які утворюються на поверхні краплин під час напilenня. Показано, що внутрішнє окиснення покриттів відбувається шляхом заповнення їх міжламельярних прошарків оксидними плівками товщиною $1...2 \mu m$ та довжиною $100...300 \mu m$, які когерентно зв'язані із ламелями покриття, що підвищує їх газоабразивну зносотривкість. Розкрито механізм дисперсійного зміцнення покриттів системи $Fe-Cr-B-C-Al$ за підвищених температур і показано, що воно зумовлене виділенням дрібнодисперсних фаз $FeCr_2B$, боридів та алюмінідів заліза розміром $50...200 nm$ у ламелях покриття. Встановлено, що за підвищених температур трансформуються за-

лишкові напруження розтягу у напруження стиску через розпад залишкового аустеніту та внутрішнє міжламельне окиснення. З'ясовано механізм руйнування покривів під дією абразиву за кімнатних та підвищених температур.

В. В. Кулик (ФМІ НАН України, Львів). **Проблема втомної довговічності залізничних коліс.** Виявлено, що експлуатаційні проблеми високошвидкісних коліс (повзунки і вищербини) пов'язані з тріщиноутворенням у зоні контакту колесо–рейка після гальмування, коли пік температури в цій зоні перевищує температуру аустенізації колісної сталі, що зумовлює мартенситне перетворення. Показано необхідність зміни концепції вибору сталей для підвищення довговічності високошвидкісних залізничних коліс як за критерієм зношування (визначає міцність і твердість сталей), так і за критерієм вищерблювання поверхні кочення (визначає циклічну тріщиностійкість сталей). Наведено шляхи оптимізації високошвидкісної колісної сталі для зменшення її схильності до тріщиноутворення під впливом температурно-силових чинників, які діють під час гальмування колеса рейкою, у першу чергу зниженням вмісту вуглецю.

М. І. Дорош (ФМІ НАН України, Львів). **Оцінювання міцності поліетиленових труб та резервуарів з трубчастим профілем стінки.** Запропоновано методику оцінки напружено-деформованого стану циліндричних елементів конструкцій зі стільниковою будовою стінки. Записано систему диференціальних рівнянь для відшукування зусиль та моментів, що виникають у стінках таких конструкцій. Встановлено ключові рівняння для оцінки компонент напружень. Теоретичні результати узгоджено з експериментами. Розроблено рекомендації для розрахунку і проектування довгої стільникової труби та вертикального стільникового резервуара, що розміщені у ґрунті.

М. В. Войтко