

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Фізико-механічного
інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України
академік НАН України
З.Т. Назарчук
17 03534386 20 20 р.

Силабус

для вивчення дисципліни «**Високотемпературна взаємодія конструкційних матеріалів з газовими та рідкометалевими середовищами**» для аспірантів,
спеціальність 132 «Матеріалознавство»

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України.

1. Викладачі

Лук'яненко Олександр Геннадійович, к.т.н.

Контактний телефон: (032) 229-67-64; E-mail: alukanenko246@gmail.com

Наукові інтереси: високотемпературна фізико-хімічна взаємодія конструкційних металевих матеріалів із домішками проникнення з контрольованих газових середовищ; встановлення закономірностей твердорозчинного зміцнення приповерхневого шару титанових, цирконієвих сплавів із кисне- та вуглецевмісного газового середовищ, підвищення втомних характеристик титанових та цирконієвих сплавів хіміко-термічною обробкою.

Погрелюк Ірина Миколаївна, зав. відділу, д.т.н., проф.

Контактний телефон: (032) 263-43-07; irynapohrelyuk@gmail.com

Наукові інтереси: високотемпературна взаємодія титанових сплавів з контрольованим азот-, азоткисневмісним газовими середовищами; вивчення морфології, структури та властивостей азотованих шарів; розроблення підходів до інтенсифікації процесу азотування, оксинітрування.

Труш Василь Степанович, к.т.н.

Контактний телефон: (032)-2296-764; E-mail: trushvasyl@gmail.com

Наукові інтереси: вивчення структури, морфології, твердості, механічних властивостей титанових та цирконієвих сплавів в результаті обробки у контрольованих газових середовищах; оптимізація режимів термообробки для забезпечення високої втомної довговічності.

Федірко Віктор Миколайович, д.т.н., проф., член-кор НАН України

Контактний телефон: (032) 263-72-58; E-mail: fedirko@ipm.lviv.ua

Наукові інтереси: високотемпературна фізико-хімічна взаємодія в системах «метал – газове середовище», «метал – рідкометалеve середовище» та встановленням механізмів і стадій, що її контролюють, у широкому діапазоні тисків газових середовищ для формування поверхневих шарів із заданими властивостями на конструкційних матеріалах авіаційної техніки та ядерної енергетики; підвищення корозійної тривкості матеріалів ядерних енергетичних установок нового покоління, в яких теплоносієм використовують розплави легкоплавких металів.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«Високотемпературна взаємодія конструкційних матеріалів з газовими та рідкометалевими середовищами» спеціальність 132 «Матеріалознавство», код: 132, кількість кредитів – 3.

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

ФМІ НАН України; (ГК, кім. 67, 35) відповідно до розкладу.

4. Пререквізити навчальної дисципліни: вміти розрізняти сплави залежно від їх застосування (конструкційні, спеціальні, функціональні тощо); знати фізико-механічні та хімічні властивості сплавів (міцність, пластичність, твердість, довговічність, корозійна стійкість тощо), знати різновидності структур металів; знати основні методи дослідження сплавів (мікроструктурний аналіз, дюрOMETричний, рентгеноструктурний та рентгенофазовий аналізи, профілометрія); знати відмінності між нанотвердістю, мікротвердістю та твердістю металів; вміти розрізняти фізико-механічні властивості залежно від тривалості навантаження (короткочасного, тривалого, ударного тощо); знати про наявність низькотемпературної та високотемпературної області існування модифікацій у металах; знати базові відмінності між властивостями дифузійних шарів та фазових плівок; розуміти основні процеси, що перебігають під час взаємодії з рідкометалевим середовищем; розуміти процеси деградації металів під час тривалої експлуатації за дії різного роду навантажень та середовищ.

Постреквізити: результатом успішного вивчення дисципліни будуть отримані знання про взаємодію елементів проникнення (кисень, азот, вуглець, водень) з конструкційними матеріалами; розуміти вплив газодинамічних та температурно-часових параметрів хіміко-термічної обробки на стан поверхні та приповерхневих шарів та усього об'єму металу в цілому; знати особливості однокомпонентного та багатокомпонентного насичення конструкційних матеріалів; знати базові знання про насичення елементами проникнення з

газового середовища, твердофазного (в засипці) та їх комбінації; які дозволять, наприклад, вибрати оптимальні режими термообробок конструкційних матеріалів, зокрема нержавних сталей та сплавів на основі титану та цирконію, у контрольованих кисне-, азото- та вуглецевмісних газових та рідкометалевих середовищах та їх комбінації для формування високофункціональних приповерхневих шарів з широким спектром властивостей; на основі теоретичних розрахунків та емпіричних даних задавати параметри обробок (температуру, тривалість, газодинамічні характеристики середовища) для формування приповерхневого шару з заданими параметрами (морфологія поверхні, твердість, глибина зміцненого шару); освоєні методики рентгенофазового та структурного аналізів, основи уточнення ґратки металів залежно від температурно-часових параметрів обробок; освоєння методики розрахунків визначення параметрів ґратки та напружень за результатами рентгеноспектральних дифрактограм; освоєні методи дослідження та аналізу корозивних властивостей за дії агресивних газових чи рідкометалевих середовищ; будуть освоєні методики визначення механічних характеристик конструкційних і функціональних матеріалів як на повітрі, так і в рідкометалевих середовищах за кімнатної температури й за підвищених температур; вміння на основі результатів комплексних досліджень (дюрOMETричних, рентгеноспектральних, структурних, корозійних, втомних та короткочасних випробувань) забезпечувати роботоздатність виробу за реальних умов експлуатації.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

Вивчення курсу «**Високотемпературна взаємодія конструкційних матеріалів з газовими та рідкометалевими середовищами**» входить до варіативної складової ОНП. Об'єм навчального навантаження складає 3 кредити, із них 40 годин – лекції, 50 годин – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкове відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісне і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

6. Характеристика дисципліни.

Завдання *учбової дисципліни.* Освоїти сучасні уявлення щодо закономірностей термообробки конструкційних матеріалів у контрольованих газових та рідкометалевих середовищах для забезпечення функціональних приповерхневих шарів з широким спектром властивостей.

Мета викладання дисципліни – опанування новітніми знаннями щодо створення високофункціональних приповерхневих шарів на конструкційних матеріалах та дослідження їх фізичних, механічних, хімічних властивостей, а також характеристик за умов навантаження наближених до експлуатаційних.

План викладання дисципліни.

Назва тем змістовних модулів	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		аудиторні	самостійна робота
Змістовний модуль 1. Високотемпературна взаємодія конструкційних матеріалів з газовими середовищами			
<p>Тема 1. Закономірності взаємодії металів з елементами проникнення (Погрелюк І.М., Лук'яненко О.Г.). Кінетика взаємодії:</p> <ul style="list-style-type: none"> - з однокомпонентним середовищем (кисневмісним, азотовмісним, вуглецевмісним, воденьвмісним); - з багатоконпонентним середовищем (киснеазотовмісним, кисневуглецевмісним). 	10	5	5
<p>Тема 2. Методика підготовки зразків для термообробок та досліджень (Труш В.С.). Особливості підготовки зразків та виробів для теромообробки у контрольованому газових та рідкометалевих середовищах; підбір оптимальної кількості та форми зразків для отримання достовірних результатів досліджень.</p>	5	1	4
<p>Тема 3. Характеристика приповерхневих шарів залежно від параметрів обробки (Лук'яненко О.Г.). Вплив температури, тривалості обробки, розрідження середовища, термоцикування та інших факторів на фізико-механічні та хімічні властивості приповерхневих шарів та усього об'єму металу в цілому.</p>	10	3	7
<p>Тема 4. Властивості металів залежно від способу, температури та тривалості навантаження та складу середовища (Погрелюк І.М.). Зміна фізико-механічних властивостей металів за дії температури, газодинамічних характеристик середовища, ступеня його агресивності, тривалості навантаження.</p>	10	3	7

<p>Тема 5. Методи визначення основних фізико-механічних та хімічних властивостей металу (Труш В.С.). Методи та засоби для визначення короткочасної міцності; границі текучості; пластичності; ударної в'язкості; довговічності за циклічного навантаження; корозивної тривкості у газовому та рідкометалевому середовищі; зносотривкості за обертового та поступального навантажень; твердості поверхні та приповерхневого шару за різного навантаження.</p>	5	4	1
<p>Змістовний модуль 2. Високотемпературна взаємодія конструкційних матеріалів з рідкометалевими середовищами (Федірко В.М.)</p>			
<p>Тема 6. Загальний стан і перспективи розвитку ядерної енергетики в Україні та світі. а) Етапи розвитку ядерної енергетики б) Стан ядерної енергетики в Україні та світі</p>	2	2	0
<p>Тема 7. Особливості впливу рідкометалевих середовищ на експлуатаційні властивості конструкційних сталей. Взаємодія в системі «твердий метал – рідкометалеве середовище»</p>	4	3	1
<p>Тема 8. Корозійно-адсорбційні аспекти впливу свинцевих розплавів. Загальна характеристика корозійних процесів та основні механізми</p>	8	4	4
<p>Тема 9. Корозійно-адсорбційні аспекти впливу свинцевих розплавів. Основні закономірності рідкометалевого окрихчення та основні механізми</p>	8	4	4
<p>Тема 10. Перспективні конструкційні матеріали новітніх ядерних енергетичних установок</p>	8	4	4
<p>Тема 11. Шляхи підвищення корозійно-механічних властивостей конструкційних матеріалів у розплавах важких металів</p>	8	3	5
<p>Тема 12. Основні рідкометалевих теплоносіїв для ядерних енергетичних установок нового покоління</p>	12	4	8
Разом	90	40	50

7. Контроль знань

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування, виконання та захист практичних робіт; виконання поточних контрольних робіт та екзаменаційна оцінка.

Екзамен проводиться відповідно до розкладу. Екзамен включає відповіді на шість питань: три питання з екзаменаційного білету та три додаткових питання. Оцінка відповідей на запитання: з екзаменаційного білету – 25%; додаткові – 7%. Оцінка за індивідуальне опитування – до 4%.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за навчальну діяльність	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90–100	+A, A, -A	Відмінно
82–89	+B, B, -B	Добре
74–81	+C, C, -C	задовільно
64–73	+D, D, -D	
60–63	E	незадовільно з можливістю повторного складання іспиту
36–59	FX	незадовільно з обов'язковим повторним складанням іспиту
0–34	F	

8. Список базової літератури

1. Федірко В.М. Термодифузійне багатоконпонентне насичення титанових сплавів / В.М. Федірко, І.М. Погрелюк, О.І. Яськів. – Київ: Наукова думка, 2009. – 165 с
2. Погрелюк І.М. Федірко В.М. Хіміко-термічна обробка титанових сплавів. Борування. Львів: Простір-М, 2019. 217 с.
3. Хіміко-термічна обробка титанових сплавів. Поверхнєве твердорозчинне модифікування. В.М. Федірко, І.М. Погрелюк, О.Г. Лук'яненко, В.С. Труш. ISBN 978-966-00-1724-5. К.: Наукова думка, 2020. с.183
4. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник / А.А. Ильин, Б.А. Колачёв, И.С. Полькин. – М.: ВИЛС–МАТИ, 2009. – 520 с.
5. Роль дислокаций в упрочнении и разрушении металлов / В.С. Иванова, Л.К. Гордиенко, В.Н. Геминев и др. – М.: Наука, 1965. – 180 с.
6. Корнилов И.И. Взаимодействие тугоплавких металлов переходных групп с кислородом / Корнилов И.И., Глазова В.В. – М.: Наука, 1967. – 256 с.


7. Федірко В.М. Азотування титану та його сплавів / Федірко В.М., Погрелюк І.М. – Київ: Наук. думка, 1995. – 220 с.
8. Р.К. Мелехов Конструкційні матеріали енергетичного обладнання / Р.К. Мелехов, В.І. Похмурський – К.: Наук. думка, 2003. – 385 с.
9. У. Ростокер Хрупкість под действием жидких металов / У. Ростокер, Дж. Мак-Кош, Г. Маркус – М.: Изд. иностранной литературы, 1962. – 176 с.
10. В.В. Попович Жидкометаллическое охрупчивание деформируемых металлов / В.В. Попович, И.Г. Дмуховская – Львов: Изд. ФМИ им. Г.В. Карпенко АН УССР, 1983. – 68 с.
11. В.И. Никитин Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твердые / В.И. Никитин – М.: Атомиздат, 1967. – 441с.
12. В.Н. Єременко Змочування рідкими металами поверхонь тугоплавких сполук / В.Н. Єременко, Ю.В. Найди – К.: Вид. Академії наук УРСР, 1958. – 60с.
13. Development of fuels and structural materials for fast breeder reactors / Baldev Raj, S.L. Mannan, P.R. Vasudeva Rao and M.D. Mathew // Sadhana Vol. 27, Part 5, – 2002. – pp. 527-558
14. Развитие ядерной энергетики на базе новых концепций ядерных реакторов и топливного цикла / Е.О. Адамов, А.И. Филин, В.В. Орлов // ICONE-11, Tokio. – 2003.
15. Обоснование технологии свинцового теплоносителя для реакторов БРЕС / Ю.И. Орлов, П.Н. Мартынов и др. / INCONE-11, Tokio. – 2002.
16. Никитин В.И. Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твердые. М.: Атомиздат, 1967. С. 443.
17. Handbook on lead-bismuth eutectic alloy and lead properties, materials compatibility, thermal-hydraulics and technologies, Nuclear Energy Agency No. 7268. Organisation for economic co-operation and development. – Paris, 2015.
18. Review of studies on fundamental issues in LBE corrosion / J. Zhang, N. Li // J. Nucl. Mater. – 373.– 2008.– p.351-377.
19. A Review on the Potential Use of Austenitic Stainless Steels in Nuclear Fusion Reactors./ S Sahin, M. Ubeyli // Fusion Energy. – 2008. – p. 271-277.
20. Реактори і парогенератори енергоблоків АЕС: схеми, процеси, матеріали, конструкції, моделі / О. В. Єфімов, М. М. Пилипенко, Т. В. Потаніна та ін. ; за ред. О.В. Єфімова. – Харків, 2017. – 420 с.
21. ADS Candidate Materials Compatibility with Liquid Metal in a Neutron Irradiation Environment / Joris Van den Bosch. – 2008.
22. Займовский А.С. Циркониевые сплавы в атомной энергетике / А.С. Займовский, А.В. Никулина, Н.Г. Решетников. – М.: «Энергоиздат», 1981. – 232 с.
23. Ядерная энергетика. Глава 2. Ядерная энергетика. Учебное пособие, Азаренков Н.А., Булавин Л.А., Залобовский И.И., Кириченко В. Г., Неклюдов И. М., Шилияев Б. А. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. – 535 с.

24. Окисление металлов. Т II. Под ред. Бенара Ж. Перев. с франц. Изд-во «Металлургия», 1969, 444 с.
25. Максимович Г.Г. Микромеханические исследования свойств металлов и сплавов / Г.Г. Максимович. – К.: Наук. думка, 1974. – 244 с.
26. Фромм, Е. Газы и углерод в металлах : пер. с нем. / Е. Фромм, Е. Гебхардт. – М. : Metallurgiya, 1980. – 712 с.

ПОГОДЖЕНО

Завідувачка випускової кафедри

д.т.н., проф.

 I.M. Погрелюк