

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ДІПІМС НАН України  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ НАН України

ТА СПЛАВІВ

Ідентифікаційний  
код 05417453

Анатолій НАРІВСЬКИЙ

27 грудня 2023 р.

## СУЧАСНІ ПРОЦЕСИ ОДЕРЖАННЯ ЖАРОМІЩНИХ СПЛАВІВ ТА ВИРОБІВ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий) рівень доктор філософії
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	136 Металургія
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредита /120 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен письмовий
Розклад занять	За розкладом ( <a href="https://ptima.kiev.ua/">https://ptima.kiev.ua/</a> )
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д. т. н., старший науковий співробітник <b>Квасницька Юлія Георгіївна (066) 715-80-31; <a href="mailto:jul.kvasnitskaja@gmail.com">jul.kvasnitskaja@gmail.com</a></b>
Практичні:	передбачено
Лабораторні:	не передбачено
Розміщення курсу	<a href="https://ptima.kiev.ua/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=366&amp;Itemid=90&amp;lang=uk">https://ptima.kiev.ua/index.php?option=com_content&amp;task=view&amp;id=366&amp;Itemid=90&amp;lang=uk</a>

## Програма навчальної дисципліни

### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дослідження, які націлені на підвищення якості та експлуатаційних характеристик жароміцних сплавів для литих лопаток газотурбінних двигунів, створення нових жароміцних матеріалів та енергозберігаючих технологій, розроблення нових технологій отримання виливків спеціальних сплавів методами вакуумного виплавлення (вакуумно-індукційна плавка, електронно-променева плавка), дослідження впливу легуючих елементів на структуру та властивості жароміцних нікелевих сплавів, створення нових матеріалів для керамічних форм, стрижнів, тиглів для отримання якісних виливків складної конфігурації.

**Мета дисципліни** - здобуття поглиблених теоретичних та практичних знань, умінь, що дозволяють створювати та вдосконалювати технологічні процеси отримання якісної продукції, опанування новітніми знаннями матеріалів і технологій лиття за моделями, що витоплюються; володіння сучасними розрахунковими та комп'ютерними програмами з метою виробництва якісних виливків відповідального призначення, отримання практичних навиків керуванням сучасного обладнання для вакуумної виплавки.

**Предмет навчальної дисципліни.** Теоретичні основи формування структури і властивостей у виливках жароміцних сплавів – механічних, фізичних, хімічних, технологічних та експлуатаційних, методи їх регулювання.

Студент буде вивчати теоретичні основи кристалізації виливків жароміцних сплавів у полікристалічному, спрямованому і монокристалічному стані. Вплив хімічного складу і технологічних чинників на структуроутворення і властивості жароміцних сплавів. Особливостей виробництва складнопрофільних виливків зі спеціальними властивостями.

#### **Завдання учбової дисципліни:**

- вивчення теоретичних основ процесів формування виливків методом прецизійного лиття;

- набуття досвіду в розрахункових методиках нових складів спеціальних сплавів;

- оволодіти знаннями щодо розробки та вдосконалення технологій отримання виливків жароміцних сплавів методами вакуумного виплавлення.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

- ПР-1 - Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та

визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.

- ПР-5 - Співвідносити хімічний склад, структуру і властивості матеріалів ливарного виробництва.

- ПР-6 - Формувати структуру і властивості продукції металургійного виробництва відповідно до потреб замовників.

- ПР-15 - Розуміння фізико-хімічних основ легування, мікролегування, рафінування, впливу хімічного складу на структуроутворення і експлуатаційні властивості жароміцних сплавів.

Майбутній фахівець набуває здатності :

- ФК-1 - Здатність вибрати матеріал для виготовлення продукції з метою забезпечення заданих властивостей.

- ФК-4 - Здатність застосовувати методи стандартних випробувань для визначення фізичних, хімічних, структурних та механічних властивостей вихідних матеріалів та готової продукції.

- ФК-6 - Здатність використовувати професійні знання для аналізу і керування процесами, що протікають в ливарних агрегатах.

- ФК-7 - Здатність обирати ливарне обладнання та технологію виробництва продукції заданої якості.

- ФК-12 - Здатність здійснювати оптимізацію технологічних процесів з метою отримання якісної продукції.

**2. Пререквізити навчальної дисципліни:** володіти методикою збору, систематизації й опрацювання інформації з різних джерел; володіти сучасними інформаційно-комунікаційних технологіями; знати теоретичні основи формування виливків, володіти методологічними знаннями в галузі металургії та бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей; знати основи теорії процесів заповнення ливарної форми; володіти знаннями металографічних досліджень.

**Постреквізити:** Застосовувати моделювання технологій литва та фізико-механічних властивостей виливків з використанням спеціалізованого програмного забезпечення в дослідницько-інноваційній діяльності; демонструвати знання щодо розроблення нових технологій отримання виливків спеціальних сплавів методами вакуумного виплавлення; використовувати отримані знання при виконанні дослідження та захисті їх результатів у вигляді дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### **Розділ 1. Матеріали і технології для одержання лопаток вітчизняних газотурбінних двигунів.**

Тема 1.1. Особливості процесів одержання жароміцних сплавів для лопаток ГТД та їх промислове використання. Суднове і промислове газотурбінне устаткування, що працює на рідкому і газоподібному паливі.

Тема 1.2 Жароміцні корозійностійкі сплави для виготовлення лопаток турбін. Хімічний склад, фазово-структурна стабільність жароміцних корозійностійких сплавів.

Тема 1.3. Вплив легуючих елементів на структуру і властивості сплавів. Макро- та мікроструктура жароміцних сплавів на основі нікелю. Вплив температури та процесу старіння на фазовий склад і структуру сплавів на нікелевій основі.

Тема 1.4. Технології одержання лопаток жароміцних сплавів з полі-, спрямованою і монокристалічною структурою.

Тема 1.5. Фізико-хімічні характеристики вогнетривких сумішей, які використовують для отримання лопаток ГТД з полі- та спрямованою структурами. Вогнетриви для виготовлення плавильних тиглів.

Тема 1.6. Склад і властивості керамічних матеріалів. Вимоги до керамічних матеріалів форм, які використовують для одержання лопаток ГТД. Керамічні стрижні для одержання охолоджуваних лопаток ГТД. Фізико-хімічні процеси при контакті розплаву з формою.

Тема 1.7. Застосування керамічних фільтрів в процесі одержання виробів із жароміцних сплавів. Типи, властивості, використання керамічних фільтрів.

Тема 1.8. Вплив термічної обробки на макро- та мікроструктуру жароміцних сплавів. Вибір режимів термічної обробки. Визначення фізико-механічних властивостей жароміцних сплавів. Жароміцність нікелевих сплавів, методика випробувань. Визначення втомної міцності лопаток газотурбінних двигунів, методика випробувань.

Тема 1.9. Високотемпературна корозія лопаток газотурбінних двигунів для енергетики і кораблебудування.

## **Розділ 2. Нові матеріали і технології одержання литих деталей з жароміцних сплавів.**

Тема 2.1. Нові жароміцні корозійностійкі сплави для лопаток , що містять реній і тантал. Переваги, використання.

Тема 2.2. Вдосконалення технології одержання виробів жароміцних сплавів. Вплив параметрів кристалізації на структуру жароміцних сплавів.

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова**

1. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття : підручник для вищих учбових закладів під ред. С.І. Реп'яха, В.Г. Могилатенка; 2- е вид. та доопр. – Запоріжжя: АТ «Мотор Січ», 2016. – 474 с.

2. Симс Ч., Хагель В. Жаропрочные сплавы. Перевод с англ. – М.: Металлургия, 2004. – 576 с.

3. Мьяльніца Г.П., Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Квасницька Ю.Г., Шинський О.Й., Максютя І.І. Матеріали і технології для лопаток вітчизняних промислових газотурбінних двигунів. – Київ, Наукова думка, 2023. - 180 с.

4. Репях С.И. Технологические основы литья по выплавляемым моделям. – Днепропетровск: Лира, 2006 – 1056 с.

5. Баландин Г. Ф. Основы теории формирования отливок. 1-2 части. – М.: Машиностроение, 1979. – 335 с.

#### **Допоміжна**

1. Лисенко Т.В., Пономаренко О.І. Теоретичні основи формування виливків : навч. посібн. з грифом МОНУХ.: НТУ "ХПИ", 2014. - 192 с.

2. Богуслаев В.А, Муравченко Ф.М., Жеманюк П.Д. и др. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД. Лопатки турбины. Часть II. // Монография. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич». – 2007. - 496 с.

3. Патон Б.Е., Строганов Г.Б., Кишкин С.Т и др. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления. Киев.: Наукова думка, 1987. – 256 с.

4. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1969.  
- 752 с.

### Інформаційні ресурси

<https://ndumka.kiev.ua>

<https://steelcast.com.ua>

<https://plit-periodical.com.ua>

<https://momjournal.com.ua>

<https://patonpublishinghouse.com/ukr/journals/sem>

[www.lityo.com.ua](http://www.lityo.com.ua)

<http://www.dmeti.dp.ua>

Література є вільному доступні в бібліотеці Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України.

Аспіранти можуть самостійно шукати матеріали за окремими питаннями курсу, що забезпечує розвиток здатності до пошукової та дослідницької діяльності, критичного аналізу інформації.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### **Календарний план навчальної дисципліни –**

[https://ptima.kiev.ua/index.php?option=com\\_content&task=view&id=366&Itemid=90&lang=uk](https://ptima.kiev.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=366&Itemid=90&lang=uk)

Вивчення курсу «Сучасні процеси одержання жароміцних сплавів та виробів відповідального призначення» являється варіативним. Об'єм навчального навантаження складає 4 кредити із них 25 годин – лекції, 15 – практичні заняття та 80 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.

### Розподіл годин кредитного модуля за видами занять

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин			
	усього	у тому числі		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
<b>Змістовний модуль 1. Матеріали і технології для одержання лопаток вітчизняних газотурбінних двигунів</b>				
<b>Тема 1.1.</b> . Особливості процесів одержання жароміцних сплавів для лопаток ГТД та їх промислове використання. Суднове і промислове газотурбінне устаткування, що працює на рідкому і газоподібному паливі.	6	2		4
<b>Тема 1.2</b> Жароміцні корозійностійкі сплави для виготовлення лопаток турбін. Хімічний склад, фазово-структурна стабільність жароміцних корозійностійких сплавів.	7	3		4
<b>Практичне заняття 1.</b> Методики визначення макро- та мікроструктури жароміцних сплавів.	3		3	
<b>Тема 1.3.</b> Вплив легуючих елементів на структуру і властивості сплавів. Макро- та мікроструктура жароміцних сплавів на основі нікелю. Вплив температури та процесу старіння на фазовий склад і структуру сплавів на нікелевій основі.	7	3		4
<b>Тема 1.4.</b> Технології одержання лопаток жароміцних сплавів з полі-, спрямованою і моноструктурою.	5	2		3
<b>Тема 1.5.</b> Фізико-хімічні характеристики вогнетривких сумішей, які використовують для отримання лопаток ГТД з полі-	7	2		5

та спрямованою структурами. Вогнетриви для виготовлення плавильних тиглів.				
<b>Тема 1.6.</b> Склад і властивості керамічних матеріалів. Вимоги до керамічних матеріалів форм, які використовують для одержання лопаток ГТД. Керамічні стрижні для одержання охолоджуваних лопаток ГТД. Фізико-хімічні процеси при контакті розплаву з формою.	8	3		5
<b>Практичне заняття 2.</b> Методи досліджень визначення характеристик керамічних матеріалів метал – форма(стрижень) .	3		3	
<b>Тема 1.7.</b> Застосування керамічних фільтрів в процесі одержання виробів із жароміцних сплавів. Типи, властивості, використання керамічних фільтрів.	7	2		5
<b>Практичне заняття 3.</b> Методика визначення кількості неметалевих включень до і після фільтрації розплаву різних типів керамічних фільтрів.	3		3	
<b>Тема 1.8.</b> Вплив термічної обробки на макро- та мікроструктуру жароміцних сплавів. Вибір режимів термічної обробки. Визначення фізико-механічних властивостей жароміцних сплавів. Жароміцність нікелевих сплавів, методика випробувань. Визначення втомної міцності лопаток газотурбінних двигунів, методика випробувань.	7	2		5
<b>Тема 1.9.</b> Високотемпературна корозія лопаток газотурбінних двигунів для енергетики і кораблебудування.	7	2		5

<b>Практичне заняття 4.</b> Дослідження литих виробів з жароміцних сплавів на опір до високотемпературної сольової корозії. Тигельні та стендові випробування.	3		3	
<b>Змістовний модуль 2. Нові матеріали і технології одержання литих деталей з жароміцних сплавів</b>				
– <b>Тема 2.1.</b> Нові жароміцні корозійностійкі сплави для лопаток , що містять реній і тантал. Переваги, використання.	7	2		5
<b>Практичне заняття 5.</b> Методика розрахунків нових складів жароміцних сплавів за допомогою комп'ютерних програм.	3		3	
<b>Тема 2.2.</b> Вдосконалення технології одержання виробів жароміцних сплавів. Вплив параметрів кристалізації на структуру жароміцних сплавів. Фізико-механічні властивості виробів, які одержано з використанням спрямованої кристалізації сплавів	7	2		5
<b>Підготовка до екзамену</b>	30			30
<b>Всього</b>	120	25	15	80

Для більш ефективної комунікації викладача та студентів використовується електронна пошта, месенджер, Viber, Telegram, папка зі спільним доступом на Google-диску, в якій розміщуються необхідні матеріали.

Освоєння курсу «Сучасні процеси одержання жароміцних сплавів та виробів відповідального призначення» будується на різнобічному підході: теоретичному - лекції і самостійна робота з літературою.

Виклад курсу побудовано таким чином, що наступний матеріал може бути засвоєний тільки після пророблення попереднього, у цих умовах успіх вивчення дисципліни залежить від систематичної самостійної роботи студента з матеріалом лекцій і рекомендованої літератури.

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота здобувачів здійснюється протягом всього семестру в рамках годин відповідно до робочого навчального плану підготовки.

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекційних занять є вільним, відвідування всіх видів занять фіксується, але не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал, який необхідний для виконання лабораторних та практичних занять.

- Заохочувальні бали (до 10 б.) оформлення презентацій, рефератів, розроблення діючих макетів, участь у конференціях, сертифікати здобувача неформальної освіти.

- Політика дедлайнів та перескладань: іспит, як форма підсумкового контролю відбувається відповідно до розкладу екзаменаційної сесії, перескладання відповідно до графіку перескладань у додаткову сесію;

- політика щодо академічної доброчесності згідно:

- Кодексу честі ФТІМС НАН України (<https://ptima.kiev.ua/images/stories/SSovet/Aspirant.pdf>)

- Положення про систему запобігання академічному плагиату (<http://ptima.kiev.ua/images/stories/SSovet/Aspirant/35.pdf>)

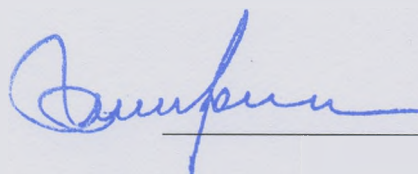
## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування та екзамен.

Індивідуальне опитування виконує викладач, який викладає курс, протягом навчального періоду, а екзаменаційне оцінювання відповідно шкалі оцінювання після проведення остатнього заняття згідно розкладу.

### 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
35–59	FX	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
0–34	F	



ПОГОДЖЕНО  
Завідувач кафедри  
д.т.н., професор  
Олексій СМІРНОВ