

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
Відділ аспірантури при ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Заступник директора  
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України  
академік НАН України  
  
С.І. Кучук-Яценко  
(ініціали, прізвище)  
«06» липня 2020 р.

**ОСНОВИ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ**


шифр навчальної дисципліни за ОНП 5/1  
(назва кредитного модуля)

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**кредитного модуля**

рівень вищої освіти – доктор філософії з металургії  
форма навчання – денна  
спеціальність – 136 – металургія  
галузь знань – 13 – механічна інженерія  
освітня програма – Металургія

Затверджено на випускному  
відділі за спеціальністю 136  
«Металургія»

Інституту електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАН України  
Протокол №1 від 3.07.2020 р.  
Завідувач випускового відділу  
чл.-кор. НАН України, проф.

  
В.О. Шаповалов

Київ – 2020 р.

Робоча програма кредитного модуля

«Основи структуроутворення металів і сплавів»

(назва кредитного модуля)

складена відповідно до програми навчальної дисципліни

«Основи структуроутворення металів і сплавів» , ОНП 5/ I

(назва навчальної дисципліни та код за ОП)

Розробник робочої програми:

Провідний науковий співробітник відділу плазмово-шлакової металургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ

д.т.н., Біктагіров Фаріт Камілович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Старший науковий співробітник відділу плазмово-шлакової металургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ

к.т.н. Никитенко Юрій Олександрович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Провідний науковий співробітник відділу плазмово-шлакової металургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ

к.т.н., Протоковілов Ігор Вікторович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Молодший науковий співробітник відділу плазмово-шлакової металургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ

Порохонько Віталій Богданович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

## 1. Опис кредитного модуля

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО <b><u>Третій (доктор філософії)</u></b>	<b><u>Основи</u></b> <b><u>структурування</u></b> <b><u>металів і сплавів</u></b>	Лекції <b><u>46 год.</u></b>
Спеціальність <b><u>136 – Металургія</u></b> (шифр і назва)	Цикл (загальної/професійної підготовки)	Практичні (семінарські) _____ год.
Освітня програма <b><u>ОПП 5/І, Основи</u></b> <b><u>структурування</u></b> <b><u>металів і сплавів</u></b> (ОПП, ОНП, назва)	Статус кредитного модуля <b><u>Обов'язковий</u></b> (обов'язковий, вибірковий)	Лабораторні роботи _____ год.
		Самостійна робота <b><u>89 год.</u></b> , у тому числі на виконання індивідуального завдання _____ год.
	Семестр <b><u>3</u></b>	Індивідуальне завдання (вид)
Форма навчання <b><u>Денна</u></b> (денна, заочна)	Кількість кредитів (годин) <b><u>4,5/135</u></b>	Вид та форма семестрового контролю <b><u>Екзамен</u></b> (екзамен / залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Ефективність металургійного виробництва визначається високою якістю продукції і її собівартістю. Якість металургійної продукції визначається багатьма процесами, особливо, переходом від рідини до твердого стану та структуруванням виробів. Для створення новітніх процесів і вдосконалення існуючих необхідно чітко уявляти стан рідини і умови її переходу до твердого стану, особливості кристалізації та будови злитка. Це найважливіша операція, яка визначає в майбутньому властивості твердого металу, дослідження можливих технологій, що впливають на якість структури вже у твердому стані таких як термообробка, обробка тиском та інші.

Доктор філософії з металургії як фахівець повинен мати глибокі теоретичні знання і володіти відповідними навичками використання фундаментальних знань для їх застосування при одержанні високоякісних сталей та металів і сплавів з підвищеними властивостями.

Даний курс має велике значення для формування майбутнього доктора філософії з металургії, розширює технологічні можливості фахівця. Кредитний модуль пов'язаний з дисциплінами «Науково-педагогічна практика», «Фізика рідкого стану і металургійна спадковість», «Методологія наукових досліджень», «Спеціальні металургійні технології».

## 2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування в аспірантів здатностей:

- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (ЗК 7);
- Здатність досліджувати проблеми з використанням системного аналізу та інших методів дослідження (ЗК 12);
- Здатність узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, на основі фундаментальних та спеціальних знань синтезувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення (ФК 5);
- Здатність проводити наукові дослідження в металургійній галузі на основі сучасних теорій термодинаміки, кінетики металургійних процесів, фізики рідкого стану і структуроутворення металів і сплавів (ФК 13);
- Здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень у металургійній галузі знань для вирішення наукових і практичних проблем (ФК 15).

## 2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

### **знання:**

- Передових концептуальних та методологічних знань з металургії та на межі предметних галузей, а також дослідницьких навичок для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень (ЗН 1);
- Методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем у широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач, у тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації (ЗН 4);
- Новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі металургія та суміжних сферах (ЗН 5);
- Закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення (ЗН 7);
- Сучасної вітчизняної та зарубіжної науково-технічної інформації в професійній сфері діяльності (ЗН 12);
- Сучасних теорій, положень, методів досліджень у металургійній галузі (ЗН 14);
- Термодинаміки та кінетики металургійних процесів (ЗН 15);
- Основ структуроутворення металів і сплавів (ЗН 17).

### **уміння:**

- Використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані (УМ 2);
- Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми металургії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, екологічних та правових аспектів (УМ 5);
- Застосовувати аналіз та синтез знань під час вирішення проблем у широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач за умов невизначеності чи неповної інформації (УМ 7);
- Постійно удосконалювати свій загальний інтелектуальний та професійний рівень (УМ 18);
- розробляти нові методики досліджень у металургійній галузі (код УМ 26);
- Розробляти нові методики досліджень у галузі металургії (УМ 27);

– Проводити наукові дослідження на основі сучасних теорій термодинаміки, кінетики металургійних процесів, фізики рідкого стану і структуроутворення металів і сплавів (УМ 29).

### 3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СР аспіранта
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1 Ведення в будову і структуроутворення металів</b>					
Вступ.					
Тема 1.1 Атомно-кристалічна будова металів	3	2			1
Тема 1.2 Кристалізація металів	4	2			2
Тема 1.3 Металеві структури	4	2			2
Тема 1.4 Основні характеристики і будова чистих металів	3	2			1
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>14</b>	<b>8</b>			<b>6</b>
<b>Розділ 2 Будова реальних металевих сплавів</b>					
Тема 2.1 Діаграми стану.	4	2			2
Тема 2.2 Характеристика основних фаз	4	2			2
Тема 2.3 Правило фаз і його використання	4	2			2
Тема 2.4. Коефіцієнт розподілу на кордоні фаз.	4	2			2
Тема 2.5. Сталь, вплив вуглецю на властивості сталі, чавуни	4	2			2
Тема 2.6. Конструкційні сталі	4	2			2
Тема 2.7. Леговані сталі	4	2			2
Тема 2.8. Сталі та сплави з особливими фізичними властивостями.	4	2			2
Тема 2.9. Кольорові метали та сплави.	4	2			2
Тема 2.10. Тугоплавкі і рідкісні метали.	4	2			2
Тема 2.11. Особливості поверхневих явищ металів і сплавів.	4	2			2
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>44</b>	<b>22</b>			<b>22</b>
<b>Розділ 3 Структуроутворення злитків і виробів</b>					
Тема 3.1 Особливості кристалізації в залежності від спеціальних методів нагрівання	4	2			2
Тема 3.2 Особливості виробів при спеціальних видах лиття і	4	2			2

затвердіння					
Тема 3.3 Будова великого металевого злитка	4	2			2
Тема 3.4 Зовнішній вплив на умови кристалізації	4	2			2
<i>Модульна контрольна робота 1</i>	15				15
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>31</b>	<b>8</b>			<b>23</b>
<b>Розділ 4 Вплив на структуру виробів зовнішніх чинників</b>					
Тема 4.1 Властивості металів і сплавів	4	2			2
Тема 4.2 Термообробка сплавів і характеристика перетворень	4	2			2
Тема 4.3 Обробка металів тиском	4	2			2
Тема 4.4 Старіння і руйнування металів і сплавів	4	2			2
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>16</b>	<b>8</b>			<b>8</b>
Підготовка до екзамену	30				30
<b>Усього годин</b>	<b>135</b>	<b>46</b>			<b>89</b>

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СР з посиланням на літературу)
1	<p>Вступ. Атомно-кристалічна будова металів (2 години). Література основна: [1-3]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– будова атома;</li> <li>– періодичний закон Д.І. Менделєєва;</li> <li>– кристалічна будова металів;</li> <li>– кристалічна решітки, її параметри;</li> <li>– типи кристалічних решіток: ОЦК, ГЦК, ГПУ;</li> <li>– анізотропія властивостей металів.</li> <li>– алотропічні (поліморфні) перетворення в металах.</li> </ul>
2	<p>Кристалізація металів. (2 години). Література основна: [1–6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сутність процесу кристалізації і термодинамічні умови;</li> <li>– криві охолодження і нагрівання при кристалізації;</li> <li>– утворення центрів кристалізації і зростання кристалів;</li> <li>– вплив температурних змін на зростання зерна;</li> <li>– вплив домішок на зростання зерна при кристалізації;</li> <li>– модифікування;</li> <li>– поняття про дендрит і дендритні ліквідації;</li> <li>– градієнт температури.</li> </ul>

3.	<p>Металеві структури. (2 години). Література, основна: [1-6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– поняття аморфної, полікристалічної, монокристалічної структури;</li> <li>– анізотропія властивостей;</li> <li>– залежність властивостей від розміру зерна та орієнтації.</li> <li>– дефекти кристалічної решітки металів і сплавів;</li> <li>– причини походження і впливу на властивості.</li> </ul>
4.	<p>Основні характеристики і будова чистих металів. (1 години). Література основна: [1-6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– будова кристалічної решітки чистих металів;</li> <li>– алотропія металів, її значення;</li> <li>– критичні точки чистих металів (заліза).</li> </ul>
5.	<p>Діаграми стану. (2 години). Література основна: [1-6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– діаграми стану сплавів;</li> <li>– координати побудови діаграм;</li> <li>– криві охолодження (або нагрівання);</li> <li>– критичні точки фазових перетворень сплавів;</li> <li>– діаграма залізо-вуглець.</li> </ul>
6.	<p>Характеристика основних фаз. (2 години) Література основна: [1-6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– поняття про сплави, компоненти, фази, системи;</li> <li>– область застосування сплавів як конструкційних матеріалів;</li> <li>– рідкі і тверді фази;</li> <li>– механічні суміші, хімічні сполуки, тверді розчини заміщення та тверді розчини проникнення;</li> <li>– поняття про структуру сплаву;</li> <li>– фазові складові сплавів: ферит, аустеніт, перліт, цементит (первинний і вторинний), ледебурит;</li> <li>– форма фазових складових (пластинчаста, пластівчаста, волокниста, куляста та ін.).</li> </ul>
7.	<p>Правило фаз і його використання. (2 години) Література основна: [1-6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– правило фаз і його використання при вивченні сплавів;</li> <li>– можливі випадки рівноваги для двокомпонентних систем;</li> <li>– поняття про гетерогенні структури (механічні суміші);</li> <li>– хімічна взаємодія компонентів, типи хімічних сполук;</li> <li>– властивості гетерогенних структур, твердих розчинів;</li> <li>– застосування правила фаз і правила відрізків при вивченні перетворень у сплавах по діаграмі.</li> </ul>

8.	<p>Коефіцієнт розподілу на кордоні фаз. (2 години) Література основна: [1-6]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– визначення та розрахунок;</li> <li>– розподіл речовини між двома рідинами, між твердою і рідкою фазою;</li> <li>– екстракція. рафінування;</li> <li>– рівноважна і нерівноважна кристалізація.</li> </ul>
9.	<p>Сталь, вплив вуглецю на властивості сталі, чавуни. (2 години). Література основна: [1, 5–8]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– поняття сталі, загальна класифікація сталей, область застосування;</li> <li>– постійні домішки в сталях;</li> <li>– вплив вуглецю та постійних домішок на властивості сталей;</li> <li>– діаграма стану системи «залізо–вуглець»;</li> <li>– фазові складові. евтектоїда (перліт). евтектика (ледебурит);</li> <li>– лінія ліквідус, лінія солідус.</li> <li>– класифікація, області застосування, основні властивості чавунів;</li> <li>– структурні складові чавунів;</li> <li>– різновиди чавунів за ступенем графітизації, твердості, міцності, пластичності, форми графіту, експлуатаційних та інших властивостей;</li> <li>– домішки, що входять до складу чавунів;</li> <li>– леговані чавуни: антифрикційні, корозійностійкі, жароміцні, жаростійкі.</li> </ul>
10.	<p>Конструкційні сталі. (2 години). Література основна: [1, 5–8]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– поняття конструкційних матеріалів і їх структура;</li> <li>– основні властивості і область застосування конструкційних сталей;</li> <li>– класифікація конструкційних сталей;</li> <li>– спокійні, напівспокійні і киплячі сталі;</li> <li>– вплив вуглецю і основних елементів на властивості сталей.</li> </ul>
11.	<p>Леговані сталі. (2 години). Література основна: [1, 5–8]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– леговані сталі і їх структури;</li> <li>– область застосування, класифікація легованих сталей;</li> <li>– основні легуючі компоненти, вплив легуючих компонентів на властивості і структуру сталей;</li> <li>– корозійностійкі сталі, жароміцні і жаростійкі сталі, сталі зі спеціальними властивостями.</li> <li>– поняття сталей для ріжучого, штампового класу і вимірювальних інструментів;</li> <li>– основні властивості та області застосування;</li> <li>– основні структурні складові сталей;</li> <li>– класифікація сталей;</li> <li>– маркування і розшифрування марок сталей.</li> </ul>



12.	<p>Сталі та сплави з особливими фізичними властивостями. (2 години). Література основна: [1, 5–8]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– сталі та сплави з особливими фізичними властивостями;</li> <li>– основні властивості та області застосування;</li> <li>– основні структурні складові сталей;</li> <li>– ефект пам'яті форми;</li> <li>– електротехнічні сталі;</li> <li>– магніти. температура Кюрі;</li> <li>– інтерметаліди;</li> <li>– класифікація сталей.</li> </ul>
13.	<p>Кольорові метали та сплави. (2 години). Література основна: [1, 5–10]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– класифікація, структура, властивості кольорових металів і сплавів;</li> <li>– застосування кольорових металів: мідь, алюміній, титан, магній, олово, свинець, цинк та ін.;</li> <li>– класифікація, структура, застосування і отримання сплавів: бронза, латунь, мельхіор, дюралюміній, силумін;</li> <li>– припої;</li> <li>– антифрикційні сплави, бабіти;</li> <li>– вплив добавок на властивості сплавів.</li> </ul>
14.	<p>Тугоплавкі і рідкісні метали. (2 години). Література основна: [1, 5–13]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– класифікація, структура, властивості: ніобій, молібден, тантал, вольфрам і реній і ін.;</li> <li>– тугоплавкі сплави;</li> <li>– застосування.</li> </ul>
15.	<p>Особливості поверхневих явищ металів і сплавів. (2 години). Література основна: [1, 5–13]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– порошкові матеріали, отримані різними способами;</li> <li>– форма і властивості дрібнодисперсних матеріалів;</li> <li>– особливості обробки порошків;</li> <li>– порошкові сталі;</li> <li>– структура нанесених покриттів;</li> <li>– спечені тугоплавкі сплави;</li> <li>– 3D технології.</li> <li>– структура оксидних плівок;</li> <li>– корозія металів і сплавів і захист від неї;</li> <li>– окислювально-відновні реакції;</li> <li>– поверхнева дифузія;</li> <li>– сорбція та її види;</li> <li>– змочуваність;</li> <li>– осадження металів;</li> <li>– пінометал.</li> </ul>

16.	<p>Особливості кристалізації в залежності від спеціальних методів нагрівання. (2 години). Література основна: [1, 5–13]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :  <ul style="list-style-type: none"> <li>– індукційна плавка, ЕПП, ПДП, ВДП, ЕШП;</li> <li>– вплив різних джерел нагріву на формування структури злитків;</li> <li>– спрямована кристалізація.</li> </ul> </p>
17.	<p>Особливості виробів при спеціальних видах лиття і затвердіння. (2 години). Література основна: [1, 5–13]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :  <ul style="list-style-type: none"> <li>– особливості структури при литті під тиском, в кокіль, металеві форми, по виплавлюваних моделях;</li> <li>– відцентрове лиття;</li> <li>– безперервне лиття.</li> </ul> </p>
18.	<p>Будова великого металевого злитка. (2 години). Література основна: [1, 5–13]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :  <ul style="list-style-type: none"> <li>– будова та структура, дефекти;</li> <li>– залежності формування структури;</li> </ul> <p>– зона дрібних рівновісних кристалів, зона стовпчастих кристалів, зона рівноосних кристалів великих розмірів, усадкова раковина.</p> </p>
19.	<p>Зовнішній вплив на умови кристалізації. (2 години). Література основна: [1, 5–13]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :  <ul style="list-style-type: none"> <li>– основні дефекти, на які потрібно впливати:  <ul style="list-style-type: none"> <li>регулювання температури металу, що заливається; регулювання теплового поля на поверхні ванни; введення мікрохолодильників; віброобробка;</li> <li>обробка ультразвуком; електрогідропульсна обробка; обробка розплаву зануреним стрижнем, що коливається, та інші;</li> </ul> </li> <li>– сучасні методи впливу на структуру злитка;</li> <li>– поширене наплавлення, електромагнітне перемішування, зонне наплавлення.</li> </ul> </p>
20.	<p>Властивості металів і сплавів. (2 години). Література основна: [1, 5–14]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :  <ul style="list-style-type: none"> <li>– фізичні, хімічні, механічні та технологічні властивості в залежності від складу та структури;</li> <li>– взаємозв'язок між фазовим складом і властивостями сплаву;</li> <li>– прогнозування властивостей сплаву при багатокомпонентному складі;</li> <li>– моделювання фізичних властивостей сплавів та виробів.</li> </ul> </p>

21.	<p>Термообробка сплавів і характеристика перетворень. (2 години). Література основна: [1, 5–14]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перетворення в сплавах залізо-вуглець при охолодженні і нагріванні;</li> <li>– вплив швидкості охолодження на структуру і властивості;</li> <li>– тростінна та мартенситна структура сталі;</li> <li>– види термічної обробки сплавів, їх призначення, поведінка дефектів при термічній обробці;</li> <li>– класифікація видів термічної обробки: термічна, термомеханічна, хіміко-термічна;</li> <li>– основи теорії термічної обробки: відпал, нормалізація, гарт, відпустка; їх вплив на властивості сталей.</li> </ul>
22.	<p>Обробка металів тиском. (2 години). Література основна: [1, 5–14]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– структура і властивості металів і сплавів при прокатці, вільному куванні, об'ємному штампунуванні, листовому штампунуванні, пресуванні, волочінні, виробництві труб;</li> <li>– особливості прокатки кольорових металів і сплавів;</li> <li>– виробництво плакованих металів.</li> </ul>
23.	<p>Старіння і руйнування металів і сплавів. (2 години). Література основна: [1, 5–14]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– визначення і зміна структури та властивостей при статичних і динамічних навантаженнях;</li> <li>– втомна міцність;</li> <li>– наклеп;</li> <li>– радіаційне руйнування;</li> <li>– окрихчування та руйнування металів, вплив форми і дефектів.</li> </ul>

### 5. Практичні заняття<sup>1</sup>

Практичні заняття навчальним планом не передбачено.

### 6. Семінарські заняття<sup>2</sup>

Семінарські заняття навчальним планом не передбачено.

### 7. Лабораторні заняття<sup>3</sup>

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачено.

### 8. Самостійна робота<sup>4</sup>

Робочою навчальною програмою кредитного модуля «Основи структуроутворення металів і сплавів» відведено 89 годин на самостійну роботу аспіранта, яка полягає у роботі над конспектом лекцій, монографіями, підручниками, науковими періодичними виданнями, базами наукової електронної інформації при підготовці до лекцій, 1 модульна

<sup>1</sup> За наявності ПЗ

<sup>2</sup> За наявності СЗ

<sup>3</sup> За наявності ЛР, КП

<sup>4</sup> За умови виділення певної частки навчального матеріалу на самостійне вивчення.

контрольна робота та в підготовці до іспиту. Розрахунок годин самостійної роботи проводиться за формулою:

$$T_{\text{CP Асп.}} = 0,95t_{\text{Л}} + 1\text{МКР} + \text{Екзамен},$$

де: *Л* – лекції; *МКР* – модульні контрольні роботи; Екзамен.

$$T_{\text{CP Асп.}} = 0,95 \times 46 + 1 \times 15 + 30 = 89$$

### 9. Індивідуальні завдання<sup>5</sup>

Самостійна робота аспіранта включає підготовку до лекцій, 1 модульної контрольної роботи та екзамену. Розподілення часу на самостійну роботу наведено в додатку 1.

У самостійній роботі з дисципліни не передбачено виконання розрахункової роботи.

### 10. Контрольні роботи<sup>6</sup>

Пропонується проведення 4 контрольних робіт на базі 1 модульної контрольної роботи після вивчення окремих розділів 1- 3 дисципліни. Форма і методи контролю визначаються викладачем у залежності від конкретного часу аудиторних занять та кількості аспірантів.

Метою граничних контрольних робіт є визначення ступеня засвоєння аспірантом представленого в курсі матеріалу. При цьому визначаються основні знання, вміння та навички, придбані при вивченні аспірантами дисципліни.

#### 1-а контрольна робота, перелік можливих запитань

- індукційна плавка, ЕПП, ПДП, ВДП, ЕШП;
- вплив різних джерел нагріву на формування структури злитків;
- спрямована кристалізація.
- особливості структури при литті під тиском, в кокіль, металеві форми, по виплавлюваних моделях;
- відцентрове лиття;
- безперервне лиття.
- будова та структура, дефекти;
- залежності формування структури;
- зона дрібних рівновісних кристалів, зона стовпчастих кристалів, зона рівновісних кристалів великих розмірів, усадочна раковина.
- основні дефекти, на які потрібно впливати;
- методи впливу на структуру злитка: регулювання температури металу, що заливається; регулювання теплового поля на поверхні ванни; введення мікрохолодильників; виброобробка; обробка ультразвуком; електрогідроімпульсна обробка; обробка розплаву зануреним стрижнем, що коливається та інші;
- сучасні методи впливу на структуру злитка: пошарове наплавлення, електромагнітне переміщення, зонне наплавлення.

### 11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> За наявності

<sup>6</sup> За наявності

Рейтингова система оцінювання результатів навчання наведена в додатку 1.

## 12. Методичні рекомендації

Робоча навчальна програма складена з урахуванням направлення підготовки фахівця. Для послідовного та повного вивчення та засвоєння матеріалу вона розбивається на 4 основні розділи. Особливу увагу слід приділяти не тільки засвоєнню конкретних теоретичних положень, а й практичному їх використанні. При складанні заліку аспіранти на основі одержаних ними знань повинні охарактеризувати методи підвищення ефективності металургійного виробництва.

## 13. Рекомендована література

### 13.1. Базова

1. Фирстов Г.П. и др. Материаловедение и технология металлов. М.: Высшая школа, 2001. -638 с.
2. Зиман З.З. Основи структурної кристалографії - 2-ге вид., доп. - Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2008. - 212 с.
3. Колобов Г.А. Кристаллизация и первичная структура конструкционных сталей. - Д. : Журфонд, 2010. - 225 с.
4. Недоля А.В. Кристалографія. Фізичні властивості кристалів - Запоріжжя : Просвіта, 2014. - 138 с.
5. Лейбензон В.О. Твердження металів і металевих композицій - Вид. 2-ге, доопр. - К. : Наукова думка, 2009. - 446 с.
6. Верховлюк А.М. Взаимодействие жидких и твердых фаз в металлургических процессах - Киев : Наукова думка, 2014. - 165 с.
7. Доброногов В.Г. Застосування корозійностійких, жаростійких, жароміцних сталей і сплавів у хімічному машино- та апаратобудуванні / В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок. - К. : НТУУ "КПІ", 2011. - 263 с.
8. Гапонова О.П. Сталі та сплави з особливими властивостями / О.П. Гапонова, А. Ф. Будник ; - Суми : Сум. держ. ун-т, 2014. - 239 с.
9. Металургія кольорових металів [за ред. Червоного І. Ф.]; Запоріз. держ. інж. акад. - Запоріжжя : ЗДІА, 2008 .
10. Грешта В.Л. та ін. Кольорові метали і сплави ; - Запоріжжя : ЗНТУ, 2015. - 335 с.
11. Могилатенко В. Г. Теоретичні основи ливарного виробництва - Х. : НТУ "ХПІ", 2011. - 287 с.
12. Патон Б.Е., Григоренко Г.М., Шейко И.В., Шаповалов В.А., Найдек В.Л., Костяков В.Н. Плазменные технологии и оборудование в металлургии и литейной производстве. - К.: Наукова думка. 2013. - 488с.
13. Лисенко Т. В. та ін. Теоретичні основи формування виливків; - Харків : НТУ "ХПІ", 2014. - 191 с.
14. Скобло Т. С. и др. Теоретические и экспериментальные основы прогнозирования структурообразования, свойств высокоуглеродистых легированных сплавов - Харьков: Діса плюс, 2019. - 276 с.

### 13.2 Допоміжна:

---

1. Волкотруб М.П. Процеси спеціальної електрометалургії: Підручник / М.П. Волкотруб, Д.Ф. Чернега, В.Г. Могилатенко, В.О. Шаповалов; За ред. Б.Є. Патона. – К.: «Хімджест». – 2014. – 284 с.
2. Патон Б.Е., Медовар. Б.И. Электрошлаковый металл. – К.: Наукова думка. 1981. – 680с.
3. Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Ахонин С.В., Жук Г. В. Электронно-лучевая плавка титана.– К.: Наукова думка. 2006. – 248с.
4. Трощенко В.Т. Усталость металлов при неоднородном напряженном состоянии. - К. : 2011. - 130 с.
5. Григорьев С.М. Порошковая металлургия легирующих и композиционных материалов / С.М. Григорьев, В.А. Скачков, О.Р. Бережная; - Запорожье: Запорож. нац. ун-т, 2017. - 737 с.
6. Гайдук С.В. Наукові основи проектування ливарних жароміцних нікелевих сплавів з необхідним комплексом службових властивостей / С.В. Гайдук, С.Б. Беліков; - Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. - 79 с.
7. Богданов В.В. Основы теории роста кристаллов - Х. : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. - 313 с.
8. Поплавко Ю.М. Основы физики магнитных явлений в кристаллах. - К.: НТУУ "КПИ", 2007. - 216 с
9. Гогаев К.А. Порошковая металлургия инструментальных сталей / К.А. Гогаев, В.И. Ульшин ; - Донецк : Ноулидж, 2012. - 367 с.
10. Грінченко В.Ф. Кристалографія / В. Ф. Грінченко, В. А. Нестеровський, І. В. Квасниця; - К. : Київський університет, 2011. - 205 с.
11. Мамалуй А.А. Вакансии в металлах – Х: Фізичні властивості нанокристалічних плівок Ni, Co, Fe, Cu, Ag, їх сплавів та багатошарових пліткових систем на їх основі / за заг. ред. проф. В. Б. Лободи ; - Суми : Університетська книга, 2013. - 308 с.
12. Шабловский Я.О. Полиморфизм структуры и анизотропия свойств кристаллических фаз - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2009. - 192 с.
13. Колобов Г.А. Рафинирование редких металлов - Запорожье: ЗГИА, 2015. - 161 с.
14. Патон Б. Е. и др. Плазменно-индукционное выращивание профилированных монокристаллов тугоплавких металлов - Киев: Наукова думка, 2016. - 216, [1] с.
15. Анисович, А.Г. Практика металлографического исследования материалов / А. Г. Анисович, И. Н. Румянцева; - Минск: Беларуская навука, 2013. - 219, [32] с.
16. Поплавко Ю.М. Физика металлов (электрические свойства. - К.: НТУУ "КПИ", 2010. - 197 с
17. Зильберг Ю.В. Теория обработки металлов давлением. - Д. : Пороги, 2009. - 434 с.
18. Мешков Ю. Я. Механическая стабильность металлов и сплавов / Ю. Я. Мешков, С. А. Котречко, А. В. Шиян ; - Киев : Наукова думка, 2014. – 276 с.
19. Поперенко Л. В. Оптика металевих структур. - Київ : Київський університет, 2013. - 527 с.
20. Никитин В.И. Новые литейные технологии с использованием явления наследственности/ В.И.Никитин // Литейное производство. – 1997. – №5. – С.12.
21. Семькин С.И. О периодичности свойств твердого и жидкого металла/И.С. Семькин // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Сб.научн.тр.ИЧМ. – Вып. 15. – 2007. –С.123–124.
22. Ладьянов В.И. Структурные особенности и процессы затвердевания эвтектических аморфообразующих систем/В.И.Ладьянов // Теория и практика металлургии.- 2006.- №3-4.- С. 99-103.

23. Курганов В.А. Доменные чугуны для литейного производства/ В.А.Курганов, В.В.Лессовой, Л.А.Краузе // Литейное производство. – 1992. – №10. – С.12–14.
24. Гаврилин И.В. О механизме образования жидких чугуновых сплавов и их наследственности. /И.В.Гаврилин //Литейное производство. – 1999. – №2. – С.10–12.
25. Рябцев И.А. Структурная наследственность в системе исходные материалы–металлический расплав–твердый металл (Обзор) / И.А. Рябцев // Автоматическая сварка. — 2006. — № 11 (643). — С. 11-16.

### Рейтингова система оцінки успішності аспірантів

з кредитного модуля (дисципліни): «Основи структуроутворення металів і сплавів», ОНП 5/1

для спеціальності: 136 - Металургія

відділ: Плазмово-шлакової металургії

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	кредити	академічних годин	Лекції	Практика	Лаб. заняття	СР аспіранта	МКР	РР	Семестрова атестація
3	4,5	135	46	-	-	89	1	-	Екзамен

Рейтинг аспіранта з дисципліни<sup>8</sup> складається з балів, що він отримує на:

1. Однієї контрольної роботи на базі 1 модульної контрольної роботи;
2. Відповідь при проведенні екзамену.

### Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

#### 1. Модульний контроль

**Ваговий бал 40.** Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює = 40. Контрольна робота складається з 5 питань, що максимально оцінюються по 8 балів кожне.

«відмінно» - 8-7 балів;

«добре» - 6-5 балів;

«задовільно» - 4- 3 балів;

«незадовільно» - 2 та менше балів.

#### 2. Штрафні бали

Ї Відсутність на лекції, практичному занятті без поважної причини **-1 бал**;

### Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 40 \text{ балів}$$



При проведенні заліку аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних і одне практичне питання. Перелік питань наведено в робочій навчальній програмі. Кожне теоретичне питання оцінюється в 20 балів а практичне в 20 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20...16 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15...11 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 10 - 6 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0 балів.

Система оцінювання практичного заняття:

- «відмінно» - повне безпомилкове розв'язування завдання – 20...16 балів;
- «добре» - повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями 15...11 балів;
- «задовільно» - завдання виконано з певними недоліками – 10 ... 6 балів;
- «незадовільно» - завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за іспитову контрольну роботу переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R_D = R_C + R_E$	Залікова оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано розрахункову роботу або $R_C < 20$	Не допущено

**Програму розробив:**

П.Н.С., Д.Т.Н.



(підпис)

Ф.К. Біктагіров

С.Н.С., К.Т.Н.



(підпис)

Ю.О. Никитенко

П.Н.С., К.Т.Н.



(підпис)

І.В. Протоковілов

М.Н.С.



(підпис)

В.Б. Порохонько