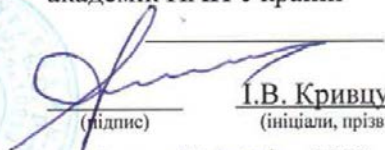


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О.ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
Відділ аспірантури при ІЕЗ ім.Є.О.Патона НАН України

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Заступник директора інституту з  
наукової роботи  
академік НАН України



  
(підпис) І.В. Кривцун  
(ініціали, прізвище)  
«06» липень 2020 р.

**Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх  
здатність до зварювання**

4/П

(шифр за ОП)

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
навчальної дисципліни**

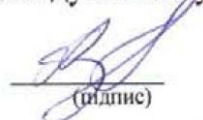
рівень вищої освіти – доктор філософії з матеріалознавства  
форма навчання – денна  
спеціальність – 132 – Матеріалознавство  
галузь знань – 13 – механічна інженерія  
освітня програма – Матеріалознавство

Затверджено на засіданні випускового  
відділу за спеціальністю 132  
«Матеріалознавство»

Інститут електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАНУ

Протокол від 03.07 2020 р. № 1

Завідувач випускового відділу

  
(підпис) А.І. Устїнов  
(ініціали, прізвище)  
«06» липень 2020 р.

Робоча програма кредитного модуля:

«Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання»

(назва кредитного модуля)

складена відповідно до програми навчальної дисципліни

«Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання» , ОНП 4/П

(назва навчальної дисципліни та код за ОП)

Розробники робочої програми:

Пров.нак.співроб. відділу №7, д.т.н. Лабур Т.М.

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



(підпис)

Ст. наук. співр., к.т.н Білоус В. Ю.

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



(підпис)

Програму затверджено на засіданні

відділу фізико-металургійних процесів зварювання легких металів і сплавів

(повна назва відділу)

Протокол від « 03 » липень 2020 року № 1

Завідувач відділу



(підпис)

Ю. В. Фальченко

(ініціали, прізвище)

«06» липень 2020 р.

## 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>	Назва дисципліни <b><u>«Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання»</u></b>	Лекції <b><u>32 год.</u></b>
Спеціальність <b><u>132 – Матеріалознавства</u></b> (шифр і назва)	Цикл (загальної/професійної підготовки)	Практичні (семінарські) <b><u>8 год.</u></b>
Освітня програма <b><u>ОНП 4/П</u></b> <b><u>Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання</u></b> (ОПП, ОНП, назва)	Статус кредитного модуля <b><u>Вибірковий</u></b> (обов'язковий, вибірковий)	Лабораторні роботи <b><u>0 год.</u></b>
		Самостійна робота <b><u>80 год.</u></b> , у тому числі на виконання індивідуального завдання <b><u>0 год.</u></b>
	Семестр <b><u>4</u></b>	Індивідуальне завдання <b><u>-</u></b> (вид)
Форма навчання <b><u>Денна</u></b> (денна, заочна)	Кількість кредитів (годин) <b><u>4/120</u></b>	Вид та форма семестрового контролю (екзамен / залік; усний / письмовий / тестування тощо) <b><u>Екзамен</u></b>

Ефективність зварювання алюмінієвих, титанових і нікелевих сплавів визначається високою якістю продукції та її собівартістю. Зміни у сировинній базі та недотримання технологічних вимог щодо легуючих елементів впливають на структуру та властивості з'єднань. Сьогодні основним способом виробництва цих матеріалів є металургійні процеси. Відсутність сировинної бази алюмінію та нікелю впливає на їх собівартість. Ефективність технологій їх з'єднання визначається рівнем фундаментальних знань відносно особливостей їх структурних перетворень при різних способах зварювання плавленням або у твердій фазі, а також практичного застосування сучасних різнопланових методів дослідження та аналізу результатів стосовно вибору зварювальних технологій, оцінки якості швів та механічних властивостей зварних з'єднань зазначених сплавів.

Доктор філософії з матеріалознавства як фахівець повинен мати глибокі теоретичні знання та володіти відповідними навичками використання фундаментальних знань металів та сплавів на основі алюмінію та нікелю для їх подальшого практичного застосування в ході реалізації високотехнологічних процесів з'єднання сплавів та отримання якісних швів з підвищеними властивостями.

Даний курс має велике значення для формування майбутнього доктора філософії з питань матеріалознавства щодо особливостей зварювання алюмінієвих, титанових і нікелевих

сплавів. Це відкриває можливість розширення технологічних знань та умінь фахівця.

Кредитний модуль пов'язаний з дисциплінами:

- «Методи дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей» (4/I),
- «Властивості матеріалів в нерівноважному стані та методи їх отримання» (3/I),
- «Твердофазні процеси формування нероз'ємних з'єднань матеріалів» (1/II),
- «Структура з'єднань матеріалів отриманих плавленням» (2/II),
- «Конструкційні сталі та їх здатність до зварювання» (3/II),
- «Основи конструкційної міцності» (5/II),
- «Дослідження процесу руйнування матеріалів методом акустичної емісії» (6/II),
- «Теорія і експериментальні методи дослідження розповсюдження хвиль акустичної емісії в матеріалах» (7/II),
- «Прогнозування руйнування конструкцій методом акустичної емісії»(8/II).

## **2. Мета та завдання кредитного модуля**

2.1. Метою кредитного модуля є формування у аспірантів здатностей:

- Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (код ЗК 2).
- Здатність переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі соціальні, наукові, культурні, етичні та інші проблеми (код ЗК 3).
- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (код ЗК 4).
- Здатність ініціювання дослідницько-інноваційних проектів та автономно працювати під час їх реалізації(код ЗК 5).
- Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження(код ЗК 8).
- Здатність досліджувати проблеми із використанням системного аналізу та інших методів дослідження(код ЗК 9).
- Критичне осмислення наукових фактів, гіпотез, теорій, у професійній діяльності в сфері матеріалознавства(код ЗК 11).
- Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в механічній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації(код ФК 1).
- Здатність самостійно виконувати наукові дослідження в галузі матеріалознавства на основі сучасних теорій та методів термодинаміки, кінетики процесів в матеріалах, фізики конденсованого стану, та інформаційнокомунікаційних технологій(код ФК 2).
- Системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір(код ФК 3).
- 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 (код ФК 4).
- Здатність оцінювати властивості матеріалів на основі існуючих та спеціально розроблених моделей та методів досліджень (код ФК 5).
- Здатність використовувати новітні методи досліджень металів і сплавів в науково-дослідницькій діяльності (код ФК 11).
-

## 1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

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

### Знання:

- методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації (код ЗН 1);
- загальних принципів і методів природничих та технічних наук, а також методології наукових досліджень, їх застосування у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства (ЗН 3);
- фізичних, хімічних та математичних принципів матеріалознавства (код ЗН 4);
- новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах (ЗН 5);
- закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення (код ЗН 7);
- особливостей зварювання титану та його сплавів, фізико-хімічних основ процесу зварювання нікелевих сплавів, особливостей зварювання алюмінієвих сплавів, особливостей з'єднання тугоплавких и кольорових металів (код 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(код УМ 2);
- застосовувати логіку та методологію наукового пізнання(код УМ 3);
- застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації(код УМ 4);
- забезпечувати оригінальні розробки та ідей в контексті наукового дослідження(код УМ 5);
- орієнтуватися в сучасних тенденціях та потребах суспільства з метою їх використання в професійній галузі; проявити вищу ступінь відповідальності за соціальні, культурні та екологічні наслідки комплексної технічної діяльності в контексті сталого розвитку; виявити готовність до ведення технічної діяльності з дотриманням етичних норм(код УМ 6);
- синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії (код УМ 8);
- на основі аналізу потреб виробництва формулювати вимоги щодо рівня властивостей нових матеріалів(код УМ 10);
- генерувати нові ідеї для вирішення науково-дослідних проектів та дослідницько-конструкторських робіт (код УМ 12);  
практично визначати умови необхідні для реалізації процесу з'єднання конструкційних сталей та проводити відбір зварювальних матеріалів для отримання необхідних властивостей нероз'ємних з'єднань(код УМ 20).

### 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 «Особливості структури та властивостей алюмінієвих сплавів, способи з'єднання алюмінієвих сплавів, експлуатаційні властивості алюмінієвих сплавів та їх зварних з'єднань»</b>					
Тема 1.1. Класифікація алюмінію та його сплавів, їх маркування. Особливості структури та властивостей алюмінієвих сплавів	4	2	-		2
Тема 1.2. Номенклатура напівфабрикатів алюмінієвих сплавів, металургійна спадковість і стан металу після термічного та термомеханічного оброблення.	8	2	2		4
Тема 1.3. Технологічні властивості сплавів після гарячого та холодного деформування.	8	2	2		4
Тема 1.4. Способи з'єднання алюмінієвих сплавів плавленням. Особливості механізму утворення швів.	8	2	2		4
Тема 1.5. Способи з'єднання алюмінієвих сплавів у твердій фазі.	4	2	-		2
Тема 1.6. Експлуатаційні властивості алюмінієвих сплавів та їх зварних з'єднань.	4	2	-		2
Тема 1.7. Надійність, працездатність та ресурс експлуатації зварних з'єднань з алюмінієвих сплавів.	4	2	-		2
Разом за розділом 1	40	14	6		20
<b>Розділ 2 «Особливості структури та властивостей нікелевих сплавів, Способи з'єднання нікелевих сплавів плавленням та Особливості механізму утворення швів, ефективність застосування нікелевих сплавів»</b>					
Тема 2.1. Різновидність нікелевих сплавів, їх маркування. Особливості структури та властивостей.	5	2	-		3
Тема 2.2. Способи з'єднання нікелевих сплавів плавленням.	5	2	-		3
Тема 2.3. Класифікація виробів з нікелевих сплавів, ефективність їх застосування.	5	2	-		3

Тема 2.4. Нікелеві сплави в конструкціях двигунів.	5	2	-		3
Разом за розділом 2	20	8	-		12
<b>Розділ 3 «Властивості титану та його сплавів, особливості зварювання плавленням титанових сплавів, вплив термічного циклу зварювання на структуру і властивості зварних з'єднань»</b>					
Тема 3.1. Поліморфне перетворення в титану та сплавах на його основі та вплив домішок на властивості титанових сплавів, класифікація титанових сплавів	5	2	-		3
Тема 3.2. Вплив зварювання плавленням на властивості псевдо $\alpha$ -сплавів, $(\alpha+\beta)$ -сплавів та псевдо- $\beta$ сплавів, термообробка титанових сплавів та їх зварних з'єднань	5	2	-		3
Тема 3.3. Вплив дугового та електрошлакового зварювання на властивості зварних з'єднань	5	2	-		3
Тема 3.4. Вплив електронно-променевого та лазерного зварювання на властивості зварних з'єднань титанових сплавів	5	2	-		3
Тема 3.5. Методи підвищення якості зварних з'єднань при зварюванні плавленням	5	2	-		3
Тема 3.6. Термічний цикл дугового зварювання та утворення метастабільних фаз при зварюванні титанових сплавів	5	-	2		3
Разом за розділом 3	30	10	2		18
Екзамен					30
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>8</b>		<b>80</b>

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	<p><u>Класифікація алюмінію та його сплавів</u>, їх маркування. Особливості структури та властивостей. Історія відкриття та отримання промислового алюмінію. Системи легування алюмінієвих сплавів та їх класифікація і структурні особливості. Фізичні та механічні властивості.</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- передумови розвитку появи та алюмінію та його сплавів;</li> <li>- системи легування алюмінієвих сплавів та їх класифікація і структурні особливості;</li> <li>- фізичні та механічні властивості;</li> </ul> <p>Література, основна: [1, 2] Література допоміжна: [27, 28]</p>
2	<p><u>Номенклатура напівфабрикатів алюмінієвих сплавів, металургійна спадковість і стан металу після термічного та термомеханічного оброблення.</u> Критерії вибору алюмінієвих сплавів. Види напівфабрикатів, технології їх отримання. Види термообробки: гартування, природне та штучне старіння. Особливості структурних перетворень в процесі термомеханічної обробки. (2 години).</p>

	<p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>критерії вибору раціональної системи легування;</i></li> <li>- <i>особливості різних напівфабрикатів;</i></li> <li>- <i>структурні перетворення після термічного та термомеханічного оброблення;</i></li> </ul> <p>Література, основна: [1-5] Література допоміжна: [27-29 ]</p>
3.	<p><u>Технологічні властивості сплавів після гарячого та холодного деформування</u> Штапування, ковка, прокатка. Формування структури в умовах гнуття, обтяжки, витяжки. Редуціювання та обробка металу різанням.</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>процеси та режими штапування, кування, прокатки;</i></li> <li>- <i>особливості формування структури при пластичному деформуванню;</i></li> <li>- <i>проведення операцій редуціювання та обробка металу різанням.</i></li> </ul> <p>Література, основна: [3-5]. Література допоміжна: [28, 30 ] – С.</p>
4.	<p><u>Способи з'єднання алюмінієвих сплавів плавленням.</u> Особливості механізму утворення швів. Зварюваність. Механізм утворення нероз'ємних з'єднань. Кінетика формування швів в умовах дії дуги. Вплив захисного газу на здатність металу до проплаву. Механізм та кінетика формування швів в умовах зварювання електронним променем і лазером.</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>зварюваність сплавів;</i></li> <li>- <i>механізм утворення нероз'ємних з'єднань;</i></li> <li>- <i>кінетика формування швів при дії дуги;</i></li> <li>- <i>вплив захисного газу;</i></li> <li>- <i>формування швів в умовах променевого зварювання.</i></li> </ul> <p>Література, основна: [5-8] Література допоміжна: [27, 30]</p>
5.	<p><u>Способи з'єднання алюмінієвих сплавів у твердій фазі.</u> Утворення точкових і шовних швів в умовах контактної-стикового зварювання. Механізм і кінетика формування швів при зварюванні тертям з перемішуванням Особливості структурних перетворень..</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>точкових і шовних швів в умовах контактної-стикового зварювання;</i></li> <li>- <i>формування швів при зварюванні тертям з перемішуванням;</i></li> <li>- <i>структурні перетворення.</i></li> </ul> <p>Література, основна: [5, 6] Література допоміжна: [ 27, 28 ]</p>
6.	<p><u>Способи з'єднання алюмінієвих сплавів у твердій фазі.</u> Корозійна стійкість. Фізико-механічні властивості в умовах статичного та циклічного навантаження. Вплив температурних умов</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>корозійна стійкість;</i></li> <li>- <i>фізико-механічні властивості;</i></li> <li>- <i>температурні умови експлуатації.</i></li> </ul> <p>Література, основна: [5, 6] Література допоміжна: [27, 28]</p>
7.	<p><u>Надійність, працездатність та ресурс експлуатації зварних з'єднань з алюмінієвих сплавів.</u> Фактори впливу. Критерії оцінки показників. Механізми зародження та поширення тріщини.</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>фактори зовнішнього та внутрішнього впливу;</i></li> <li>- <i>критерії оцінки показників надійності;</i></li> </ul>



	<p>- <i>зародження та поширення тріщини в металі та його з'єднаннях ЛЗ.</i></p> <p>Література, основна: [7-11] Література допоміжна: [29]</p>
8.	<p><u>Різновидність нікелевих сплавів, їх маркування. Особливості структури та властивостей.</u> Система легування сплавів, їх класифікація, особливості структури. Фізичні та механічні властивості.</p> <p>Література, основна: [7-9] Література допоміжна: [30, 31]</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>нікелевих сплавів, система легування, маркування;</i></li> <li>- <i>фізичні та механічні властивості.</i></li> </ul>
9.	<p><u>Способи з'єднання нікелевих сплавів плавленням. Особливості механізму утворення швів.</u> Аргонодугове зварювання, структура, механічні властивості. Зварювання електронним і лазерним променем.</p> <p>Література, основна: [11] Література допоміжна: [30]</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>аргонодугове зварювання;</i></li> <li>- <i>технології променевого зварювання</i></li> </ul>
10.	<p><u>Класифікація виробів з нікелевих сплавів, ефективність їх застосування.</u> Вироби електротехнічного призначення. Нікелеві сплави в конструкціях двигунів. Застосування нікелевих сплавів в хімічному машинобудуванні</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>електротехнічні вироби;</i></li> <li>- <i>конструкції двигунів;</i></li> <li>- <i>вироби хімічного машинобудування.</i></li> </ul> <p>Література, основна: [11, 12] Література допоміжна: [29, 30].</p>
11.	<p><u>Нікелеві сплави в конструкціях двигунів.</u> Нікелеві сплави в конструкціях сучасних двигунів.</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>конструкції двигунів;</i></li> </ul> <p>Література, основна: [12] Література допоміжна: [29, 30].</p>
12.	<p><u>Класифікація титанових сплавів</u> Особливості поліморфного перетворення в титану та сплавах на його основі.</p> <p>Особливості титанових сплавів виробництва КНР.</p> <p>Вплив кисню, азоту, вуглецю на властивості титанових сплавів, системи легування титанових сплавів.</p> <p>Класифікація легуючих домішок для титанових сплавів.</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>класифікація титанових сплавів по призначенню;</i></li> <li>- <i>еквівалент молібдену для титанових сплавів;</i></li> <li>- <i>коефіцієнт стабілізації <math>\beta</math>-фази.</i></li> </ul> <p>Література, базова: [13-16].</p>
13.	<p><u>Зварюваність титанових сплавів.</u> Вплив зварювання плавленням на властивості псевдо <math>\alpha</math>-сплавів, <math>(\alpha+\beta)</math>-сплавів та псевдо-<math>\beta</math> сплавів.</p> <p>Види термообробки титанових сплавів. Термообробка зварних з'єднань. Особливості відпалу у вакуумі. Зміцнююча термообробка титанових сплавів.</p> <p>Завдання на СР аспіранту:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>класифікація титанових сплавів по зварюваності;</i></li> <li>- <i>характерні зони в зварному з'єднанні;</i></li> <li>- <i>види відпалу зварних з'єднань.</i></li> </ul> <p>Література, базова: [13, 17, 18].</p>

14.	<p><u>Дугове та електрошлакове зварювання титанових сплавів.</u> Зварювання вольфрамовим електродом. Камери із захисною атмосферою, місцеві камери, струменевий захистом зони зварювання. Зварювання плавлячимся електродом. Керуюче зовнішнє електромагнітне поле при дуговому зварюванні. Зварювання вольфрамовим електродом з застосуванням флюсів. Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- електрошлакове зварювання хімічно-активних металів;</li> <li>- вимоги до зварювальних флюсів для титанових сплавів;</li> <li>- сучасні захисні камери для зварювання титану.</li> </ul> <p>Література, базава: [18, 19, 20].</p>
15.	<p><u>Електронно-променеве та лазерне зварювання титанових сплавів.</u> Мікропористість металу шва. Високі швидкості охолодження з'єднань. Локальна термообробка зварних з'єднань у вакуумній камері при електронно-променевому зварюванні. Особливості лазерного зварювання титанових сплавів, високі швидкості зварювання, необхідність захисту зони зварювання при лазерному зварюванні. Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- види локальної термічної обробки зварних з'єднань;</li> <li>- швидкості охолодження при електронно-променевому зварюванні титанових сплавів;</li> <li>- види лазерів для зварювання.</li> </ul> <p>Література, базава: [18, 21-24].</p>
16.	<p><u>Методи підвищення якості зварних з'єднань при зварюванні плавленням, вплив термічного циклу зварювання на структуру і властивості зварних з'єднань титанових сплавів.</u> Причини зниження механічних властивостей зварних з'єднань при зварюванні плавленням титанових сплавів. Метастабільні фази при зварюванні титанових сплавів. Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- діаграма анізотермічного перетворення сплава ВТ6;</li> <li>- швидкості охолодження при дуговому зварюванні титанових сплавів;</li> <li>- методи підвищення якості зварних з'єднань при зварюванні плавленням.</li> </ul> <p>Література, базава: [24, 25, 26].</p>

## 5. Практичні заняття<sup>1</sup>

Основним завданням циклу практичних занять є закріплення знань, що були одержані на лекційних заняттях.

№ з/п	Назва теми заняття
1.	<p><i>Практичне заняття № 1. Порівняння режимів термічної обробки зварних з'єднань 2 (2 години).</i> <i>Завдання на СР аспіранта:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ознайомитись з технологічними операціями підвищення міцності металу;</li> <li>- вибрати необхідну операцію термічної обробки зварних з'єднань та ;</li> <li>- обґрунтувати режим її проведення.</li> </ul>
2.	<p><i>Практичне заняття № 2. Дослідити вплив системи легування на структуру та властивості з'єднань (2 години).</i> <i>Завдання на СР аспіранта:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ознайомитись з каталогом зразків та технологіями їх підготовки для проведення відповідних досліджень;</li> <li>- підготувати ескіз та заявку на виконання роботи;</li> </ul>

<sup>1</sup> За наявності ПЗ

	- прийняти участь в проведенні механічних випробувань.
3.	<p><i>Практичне заняття № 3. Дослідити характер формування швів в залежності від способів зварювання (2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранта:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>аналіз умов зварювання;</i></li> <li>- <i>визначення геометричних розмірів швів зварних.</i></li> </ul>
4.	<p><i>Практичне заняття № 6. Дослідити особливості впливу термічного циклу дугового зварювання на утворення метастабільних фаз при зварюванні титанових сплавів (2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранта:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>встановити вплив швидкості охолодження на утворення метастабільних фаз при охолодженні титанового сплаву VT6;</i></li> <li>- <i>ознайомитися з методикою зменшення швидкості охолодження зварних з'єднань при TIG-зварюванні титану</i></li> </ul>

## 6. Семінарські заняття<sup>2</sup>

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

## 7. Лабораторні заняття<sup>3</sup>

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

## 8. Самостійна робота<sup>4</sup>

Робочою навчальною програмою кредитного модулю «Особливості з'єднання сплавів на основі нікелю, титану та алюмінію.» відведено **50 годин** на самостійну роботу аспіранта, яка міститься у роботі над конспектом лекцій, монографіями, підручниками, науковими періодичними виданнями, базами наукової електронної інформації при підготовці до лекцій, 5 практичних занять, 1 модульної контрольної роботи, та при підготовці до заліку. Розрахунок годин самостійної роботи проводиться за формулою:

## 9. Контрольні роботи<sup>5</sup>

Підсумковий контроль результатів навчання проводиться у формі екзамену.

## 10. Рейтингова система оцінювання результатів навчання<sup>6</sup>

Рейтингова система оцінювання результатів навчання наведена у додатку 1.

## 11. Методичні рекомендації

Робоча навчальна програма складена з урахуванням направлення підготовки відповідного фахівця. Для послідовного та повного вивчення, а також та засвоєння матеріалу вона розбивається на 10 основних розділах. Особливу увагу слід приділяти не тільки засвоєнню конкретних теоретичних положень, а й практичному їх застосуванню. На основі одержаних знань аспіранти повинні сформулювати уявлення про основні тенденції розвитку

<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.

<sup>5</sup> За наявності

сучасних технологій зварювання алюмінієвих, нікелевих та титанових сплавів та методів підвищення ефективності технологій зварювання для подальшого промислового виробництва.

## 12. Рекомендована література

### 12.1. Базова

1. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях. / А.Я. Ищенко, Т.М. Лабур, В.Н. Бернадський, О.К. Маковецкая. // Киев, Экотехнология, 2006. – 112 с.
2. Ищенко А.Я. Алюминиевые высокопрочные сплавы для сварных конструкций. В сб.: Прогресивні матеріали і технології. Т.1. – К.: Академперіодика, 2003. – С. 50-82. ка в самолётостроении. Под редакцией академика Б.Е. Патона. // К.: МИИВЦ, 1998. - 695 с.
3. Кононенко В.Я.. Сварка алюминиевых сплавов: Справочник. - Киев: Экотехнология, 2010. - 215 с.
4. Ищенко А.Я., Лабур Т.М. Сварка современных конструкций из алюминиевых сплавов. Киев, Наукова думка, 203. – 415 с.
5. Вильхельм М., Рацим К. Материалы и процессы как факторы прогресса в автомобилестроении. Чёрные металлы. – 2008. - №3. – С.33-38.
6. Кривов Г.А. Технология самолётостроительного производства. // К.: КВЦ, 1997. - С.114.
7. Кривов Г.А., Матвиенко В.А., Афанасьева Л.Ф. Мировая авиация на рубеже XX-XXI столетий. Промышленность рынка. // К.: КВЦ, 2003. – 295 с.
8. Приоритетные направления совершенствования материалов для конструкций перспективных самолётов. / В.Г. Дмитриев, Г.Н. Замула, В.В. Коновалов, Г.И. Нестеренко // Технология легких сплавов, 2003, №1. –С.3-8.
9. Колачев В.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия , 1980. С. 3-129.
10. Фридляндер И.Н., Непомнящая Э.З., Романова О.А. и др. Конструкционные и жаропрочные материалы для новой техники. М.: Науке. 1998. 345 с.
11. Металознавство. Підручник /О.М. Бялик, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко – 2-ге видання, перер. і доп. – К.: Політехніка, 2006.- 384 с.
12. Хільчевський В.В. Металознавство і технологія конструкційних матеріалів: Навчальний посібник. – К.: Либідь, 2002. – 328 с.
13. Сварные соединения титановых сплавов / В.Н. Моисеев, Ф.Р. Куликов, Ю.П. Кириллов и др. М.: Металлургия, 1978. 248 с.
14. Цвиккер У. Титан и его сплавы: Монография. – М., Металлургия, 1979. – 512 с.
15. Титановые сплавы в конструкциях и производстве авиадвигателей и авиационно-космической технике/ Колачева Б.А., Елисеев Ю.С., Братухин А.Г., Талалаев В.Д. под ред. Братухина А.Г. – М.: издательство МАИ, 2001. – 416 с.
16. Ильин А.А., Колачев Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: Справочник. – М.:ВИЛС – МАТИ, 2009. – 520 с.
17. Грабин В.Ф. Структура и свойства сварных соединений из титановых сплавов / Киев: Наукова Думка, 1964. — 106 с.
18. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов: Монография / Гуревич С.М., Замков В.Н., Блащук В.Е. и др. – К.: Наукова думка, 1986. – 240 с.
19. Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов: К., Наукова думка, 1990. – 512 с.
20. Malin V. Monograph on Narrow-Gap Welding Technology: WRC Bulletin № 323. – 1987. 83 с.

21. Электронно-лучевая сварка /О.К. Назаренко, А.А. Кайдалов, С.Н. Ковбаско и др. - К., Наукова думка, 1987. - 256 с.
22. Рыкалин Н.Н., Зуев И.В., Углов А.А. Основы электроннолучевой обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
23. Попов А.А., Илларионов А.Г., Россина Н.Г., Гриб С.В. (2013) Металловедение и термообработка сплавов титана. Структура и свойства: учебное пособие. Екатеринбург, УрФУ, 268.
24. Грабин В.Ф. Основы металловедения и термической обработки сварных соединений из титановых сплавов. Киев, Наукова думка. 1975, 262 стр.
25. Лясоцкая В.С. Термическая обработка сварных соединений титановых сплавов. / Под ред. Д.т.н. Б.А. Колачева. – М.: Экомет, 2003, 352 с.
26. Попов А.А., Илларионов А.Г., Россина Н.Г., Гриб С.В. (2013) Металловедение и термообработка сплавов титана. Структура и свойства: учебное пособие. Екатеринбург, УрФУ, 268.

## **12.2 Допоміжна:**

27. Алюмінієві сплави (свойства, обработки, применение). Первую с англ. В.И. Трофимава, М.: Стройиздат., 1978. 147 с.
28. Алюминиевые сплавы. Применение алюминиевых сплавов: Справочник. М., Металлургия, 1985. 343 с.
29. Кишкин С.Т., Строганов С., С.П., Логунов А.В. Структурная стабильность и ее влияние на механические свойства.// Доклады АН СССР. 1983. Т. 268, №4. С 141-145.
30. Кучук-Яценко С.И. Контактная стыковая сварка плавлением. К.: Наукова думка. 236 с.
31. Новые материалы и технология получения изделий для авиационной техники / Учебн. Пособие. Под ред. А.Г. Братухина и О.Х. Фаткуллина. М.: 1999. 166 с.
32. Современные технологии авиастроения. / Под ред. А.Г. Братухина и Ю.Л. Иванова. М.: Машиностроение. 1999. 832 с.

### Рейтингова система оцінки успішності студентів

з кредитного модуля (дисципліни): «Особливості з'єднання сплавів на основі нікелю, титану та алюмінію», ОНП 4/II  
для спеціальності: 132 - Матеріалознавство

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
4	4	90	32	8	-	50	-	-	Екзамен

Рейтинг студента з дисципліни<sup>7</sup> складається з балів, які він отримує за результатами:

1. Письмової відповіді на питання, які аспірант отримує в кінці практичного заняття (час відповіді 15 хвилин);
2. Відповідь при проведенні екзамену.

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

1. Робота на практичних заняттях

**Ваговий бал – 10.** Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює  $10 \times 4 = 40$  балів (*10 бал* - відповідь на питання, *0 балів* - відсутність відповіді)

2. Штрафні бали

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

## Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

**$R_C=40$  балів**

На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних питання. Перелік питань наведено у робочій навчальній програмі. Кожне питання оцінюється у **20 балів**.

### Система оцінювання питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18...20 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15...17 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації з деякими помилками) – 12...14 балів;
- «незадовільно» - неправильна відповідь, або її відсутність – 0...8 балів.

Бали, отримані за екзаменаційну контрольну роботу підсумовуються:

**$R_E=60$  балів**

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

Бали <b><math>R_D= R_C+R_E</math></b>	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 <b><math>R_C&lt;8</math></b>	Не допущено

Програму складено:

Пров. наук. співробітник відділу, д.т.н. Т.М. Лабур

Ст. наук. співр., к.т.н. Білоус В. Ю.

Ухвалено на засіданні

відділу : Фізико-металургійних процесів зварювання легких металів і сплавів.  
(повна назва відділу)

Протокол від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_

Завідувач відділу

\_\_\_\_\_  
(підпис) Ю. В. Фальченко  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

Ухвалено на засіданні

відділу «Металургія і зварювання титанових сплавів»  
(повна назва відділу)

Протокол від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_

Завідувач відділу

\_\_\_\_\_  
(підпис) С. В. Ахонін  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.