

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

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

(назва навчальної дисципліни)

4/II

(шифр за ОП)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
(СИЛАБУС)**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора
інституту з наукової роботи
академік НАН України



(підпис)

І.В. Кривцун
(ініціали, прізвище)

«06» липень 2020 р.

1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)	
Галузь знань	13 Механічна інженерія	
Спеціальність	132 Матеріалознавство	
Освітня програма	Матеріалознавство	
Статус дисципліни	Нормативна	
Форма навчання	очна(денна)	
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр	
Обсяг дисципліни	4 кредитів (120 годин)	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен	
Мова викладання	Українська	
Інформація про керівника курсу / викладачів та розклад занять	Розділ дисципліни, викладач	Час проведення лекції (корп.7, кімн. 411)
		модуль 1
	Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та Загальні положення теорії термічної обробки та формування структури сталей в нерівноважних умовах. <i>Лабур Т.М., д.т.н., ст.н.с.</i> Контактний телефон: (044) -205-20-07; tanyalabur@gmail.com Наукові інтереси: дослідження структури і механічних властивостей алюмінієвих сплавів різних систем легування, їх зварюваності, а також властивостей їх зварних з'єднань отриманих зварюванням плавленням та у твердій фазі	дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/
	Особливості структури та властивостей нікелевих сплавів, Способи з'єднання нікелевих сплавів плавленням та Особливості механізму утворення швів, ефективність застосування нікелевих сплавів. <i>Лабур Т.М., д.т.н., ст.н.с.</i> Контактний телефон: (044) -205-20-07; tanyalabur@gmail.com Наукові інтереси: дослідження структури і механічних властивостей алюмінієвих сплавів різних систем легування,	модуль 2 дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/

	їх зварюваності, а також властивостей їх зварних з'єднань отриманих зварюванням плавленням та у твердій фазі	
	Властивості титану та його сплавів, особливості зварювання плавленням титанових сплавів, вплив термічного циклу зварювання на структуру і властивості зварних з'єднань Контактний телефон: (044) -200-63-66; belousvy@gmail.com Наукові інтереси: дослідження властивостей зварних з'єднань високоміцних складно легованих ($\alpha+\beta$)- та псевдо- β -титанових сплавів, жароміцних титанових сплавів, отриманих дуговим та електронно-променевим зварюванням, впливу на властивості їх з'єднань флюсів та зовнішнього магнітного поля, властивостей з'єднань товщиною 10...100 мм, отриманих зварюванням у вузький зазор, дослідження властивостей титанових деталей, отриманих 3-d наплавленням.	модуль 3 дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryvadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс	

2. Мета, предмет вивчення та результати навчання

- 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).

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. Перереквізити навчальної дисципліни: знати основні розділи фізики; молекулярна фізика, динаміка, кінетика; закони механіки: потужність, одиниці вимірювання потужності, роботи; розділи математики: алгебра, елементи аналізу, геометрія, диференційне й інтегральне числення; розділи загальної та неорганічної хімії: екзотермічні та ендотермічні хімічні процеси, теплові ефекти, дисоціація, хімічна рівновага; здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів; питання використання технічної літератури та інших джерел інформації в матеріалознавстві; основні поняття термодинамічного підходу до створення матеріалів; Особливості побудови діаграм стану двоелементних сплавів.

4. Вимоги навчальної дисципліни: Вивчення курсу «Конструкційні сплави на основі нікелю, титану та алюмінію і їх здатність до зварювання» являється вибіркоким. Об'єм навчального навантаження складає 4 кредити із них 32 години - лекції, 8 годин -практичні заняття, 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.

5. Характеристика дисципліни.

Завдання учбової дисципліни:

- отримати знання сучасних спеціальних технологій з'єднань;
 - отримати знання методів планування експерименту, аналізу та комп'ютерної обробки отриманих експериментальних даних;
 - отримати знання методів моделювання та оптимізації технологічних процесів зварювання;
 - отримати знання новітніх методів отримання металів і сплавів ;
 - отримати знання сучасних методів і засобів підвищення ефективності виробництва зварних конструкцій з легких металів і сплавів.
- удосконалювати та розробляти нові методики дослідження матеріалознавчих задач в галузі машинобудування;*
- отримати уміння проводити наукові дослідження щодо впровадження сучасних спеціальних технологій зварювання сплавів на основі алюмінію та нікелю;
 - отримати уміння обирати, використовувати та вдосконалювати технології зварювання для отримання якісних швів;
 - отримати уміння використовувати новітні методи дослідження зварних з'єднань металів і сплавів;
 - отримати уміння обирати, використовувати та вдосконалювати методи і засоби підвищення ефективності зварювального виробництва.

Мета викладання дисципліни є формування у аспірантів здатностей проводити наукові дослідження спеціальних технологій зварювання, проводити наукові дослідження новітніх технологій отримання металів і сплавів, проводити наукові дослідження з метою підвищення ефективності зварювального виробництва, використовувати новітні методи досліджень структури та властивостей зварних з'єднань металів і сплавів в науково-дослідницькій діяльності.

План викладання дисципліни:

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СР аспіранта
1	2	3	4	5	6
Розділ 1 «Особливості структури та властивостей алюмінієвих сплавів, способи з'єднання алюмінієвих сплавів, експлуатаційні властивості алюмінієвих сплавів та їх зварних з'єднань»					
Тема 1.1. <i>Класифікація алюмінію та його сплавів, їх маркування. Особливості структури та властивостей алюмінієвих сплавів</i>	4	2	-		2
Тема 1.2. <i>Номенклатура напівфабрикатів алюмінієвих сплавів, металургійна спадковість і стан металу після термічного та термомеханічного оброблення.</i>	8	2	2		4
Тема 1.3. <i>Технологічні властивості сплавів після гарячого та холодного деформування.</i>	8	2	2		4
Тема 1.4. <i>Способи з'єднання алюмінієвих сплавів плавленням. Особливості механізму утворення швів.</i>	8	2	2		4
Тема 1.5. <i>Способи з'єднання алюмінієвих сплавів у твердій фазі.</i>	4	2	-		2
Тема 1.6. <i>Експлуатаційні властивості алюмінієвих сплавів та їх зварних з'єднань.</i>	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
Розділ 2 «Особливості структури та властивостей нікелевих сплавів, Способи з'єднання нікелевих сплавів плавленням та Особливості механізму утворення швів, ефективність застосування нікелевих сплавів»					
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
Розділ 3 «Властивості титану та його сплавів, особливості зварювання плавленням титанових сплавів, вплив термічного циклу зварювання на структуру і властивості зварних з'єднань»					
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 α -сплавів, $(\alpha+\beta)$ -сплавів та псевдо- β 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
Усього годин	120	32	8		80

6. Контроль знань.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2,7. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює $2,7 \times 15 = 40$ балів (2,7 балів - відповідь на питання, 0 балів - відсутність відповіді)

2. Штрафні бали

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

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 40 \text{ балів}$$

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 95% потрібної інформації) – 19-20 балів;
- «дуже добре» - майже повна відповідь (не менше 85% потрібної інформації) – 17-18 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15-16 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки) – 13-14 балів;
- «достатньо» - неповна відповідь із значними недоліками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0...11 балів.

$$R_E = 60 \text{ балів}$$

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

Бали $R_D = R_C + R_E$	Екзаменаційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре

75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
$R_c < 8$	Не допущено

7. Список базової літератури.

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 рынки. // 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.: Наука. 1998. 345 с.
11. Металлознавство. 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.