

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

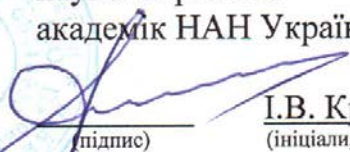
**«Властивості матеріалів в нерівноважному
стані та методи їх отримання»**
(назва навчальної дисципліни)

3/1
(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» листопада 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
	Фізичне матеріалознавство. Загальні положення. <i>Костін В.А., д.т.н., ст.н.с.</i> Контактний телефон: (044)205-24-01 ; Наукові інтереси: фізико-хімічні процеси при зварюванні, металознавство зварних з'єднань низьколегованих сталей, зварювальні матеріали	дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/
	Загальні положення теорії термічної обробки та формування структури сталей в нерівноважних умовах. <i>Костін В.А., д.т.н., ст.н.с.</i>	модуль 2 дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/
	Вплив нерівноважних умов отримання матеріалів при кристалізації рідини та конденсації пари на їхню структуру та властивості. <i>Костін В.А., д.т.н., ст.н.с.</i> <i>Позняков В.Д., член-кор. НАНУ, д.т.н., ст.н.с.</i> Контактний телефон: (044) 200-73-66; pozniakovvd@ukr.net Наукові інтереси: Вивчення впливу режимів дугових процесів зварювання на умови нагріву і охолодження зварних з'єднань, на формування структури та	модуль 3 дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/

механічні властивості металу зони термічного впливу з'єднань конструкційних сталей і сталей спеціального призначення з межею плинності від 350 до 800 МПа; дослідження змін структури та фізико-механічних властивостей металу внаслідок дії тривалого циклічного навантаження; вивчення стійкості зварних з'єднань високоміцних сталей до утворення холодних тріщин в залежності від їх хімічного складу, особливостей формування структури в металі зони термічного впливу, концентрацій дифузійного водню в наплавленому металі та рівня залишкових напружень в зварних з'єднаннях.

Махненко О. В. д.т.н., ст.н.с.

Контактний телефон: (044) 200-65-57; makhnenko@paton.kiev.ua

Наукові інтереси:

Математичне моделювання фізико-хімічних процесів при зварюванні і спецелектromеталургії, прогнозування температурних полів, швидкостей охолодження, структурних фазових перетворень і механічних властивостей матеріалу в зоні плавлення і ЗТВ, визначення тимчасових та залишкових зварювальних деформацій і напружень, оптимізація технологій зварювання, наплавлення, спецелектromеталургії та термооброблення, оцінка структурної цілісності зварювальних з'єднань і металургійних злитків, міцність та ресурс зварних конструкцій.

Устінов А.І., д.фіз.-мат. н., проф.

Контактний телефон: (044) 200-61-80; ustinov3g@gmail.com

Наукові інтереси: дослідження процесів формування структури

	тонких фольг та покриттів з парової фази при електронно-променевому випаровуванні у вакуумі неорганічних матеріалів; встановлення взаємозв'язку між характеристиками мікроструктури вакуумних конденсатів та їх властивостями; розробка функціональних матеріалів та технології їх отримання	
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс	

2. Мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів компетентностей:

- здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (код ЗК 2);
- Здатність працювати в міжнародному контексті (код ЗК 10).
- Здатність самостійно виконувати наукові дослідження в галузі матеріалознавства на основі сучасних теорій та методів термодинаміки, кінетики процесів в матеріалах, фізики конденсованого стану, та інформаційно-комунікаційних технологій (код ФК 2);
- Здатність оцінювати властивості матеріалів на основі існуючих та спеціально розроблених моделей та методів досліджень (код ФК-5);
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері механічної інженерії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень(код ФК-6);
- Здатність визначати і оцінювати актуальність наукового напрямку та практичне значення досліджень (код ФК 7);
- Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, фізико-математичне, фізико-хімічне та комп'ютерне моделювання розроблюваних матеріалів та процесів з метою оптимізації їх властивостей (код ФК 8);

Основні завдання навчальної дисципліни.

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

знання:

- Методологію пошуку, оброблення, аналізу та синтезу інформації в спеціальному та міждисциплінарному контексті(код ЗН 2);
- Сучасних методів теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів(код ЗН 6);
- Фундаментальних принципів фізичного, математичного, фізико-хімічного та імітаційного моделювання(код ЗН 8);
- Сучасного стану матеріалознавства та критеріїв підбору матеріалу, включаючи нові класи наноматеріалів, кластерних матеріалів, композиційних, багатошарових та інших(код ЗН 9)
- Основних положень сучасного матеріалознавства, вплив нерівноважних умов отримання матеріалів на їх структуру та властивості, технологічні процеси, що забезпечують необхідні умови отримання матеріалів з комплексом властивостей, необхідних для їх практичного використання (код ЗН 10);

- Технологічних процесів отримання матеріалів у вигляді покриттів шляхом осадження з парової фази, наплавленням, газоплазмовим нанесенням і поверхневою обробкою виробів (код ЗН 11);
- Сучасних уявлень про наноструктуровані матеріали, їх характеристики та методи отримання (код ЗН 12).
- придатності до зварювання низьковуглецевих конструкційних сталей підвищеної та високої міцності, особливості процесу зварювання в реальних умовах монтажу, для отримання нероз'ємних з'єднань з наперед заданими властивостями (код ЗН 16);

уміння:

- планувати теоретичне та експериментальне дослідження, оцінювати, адаптувати та узагальнювати його результати (код УМ 9);
- оцінювати вплив нерівноважних умов отримання матеріалів на характеристики їх роботоздатності, та застосовувати сучасні методи їх підвищення (код УМ 14);
- практично застосувати отримані теоретичні знання при виборі матеріалів залежно від реальних умов експлуатації та функціонального призначення (код УМ 15);
- Придатності до зварювання низьковуглецевих конструкційних сталей підвищеної та високої міцності, особливості процесу зварювання в реальних умовах монтажу, придатності до зварювання легованих і високолегованих жаростійких та жароміцних сталей, особливості зварювання високовуглецевих сталей, зварювальних матеріалів для отримання нероз'ємних з'єднань з наперед заданими властивостями (код УМ 16);
- практично використовувати сучасні апаратні засоби для визначення структурних характеристик матеріалів їх механічних та фізичних властивостей, робити прогноз на основі визначеного комплексу їх властивостей щодо ресурсу експлуатаційних можливостей використання матеріалів (код УМ 17);
- практично визначати умови необхідні для формування з'єднання з необхідним комплексом властивостей (код УМ 18).

3. **Перереквізити навчальної дисципліни** знати основні положення науки про матеріали (матеріалознавство); способи класифікації сучасних сталей та сплавів, вплив легуючих елементів на властивості матеріалів; загальні положення теорії кристалічної будови матеріалів; основи теорії сплавів та основні типи діаграм фазової рівноваги, ізотермічні і термодинамічні діаграми перетворення; фізичні основи пластичної деформації сталі та сплавів; механізми та основні види руйнування; методи визначення механічних властивостей матеріалів; класифікація методів дослідження матеріалів; основні види термічної обробки матеріалів, утворення аустеніту, кінетика і механізми аустенізації, кінетика утворення структур в вуглецевих сталях, кінетика розпаду аустеніту, ізотермічні та термодинамічні діаграми; особливості формування структур в нерівноважних умовах зварювання та наплавлення; отримання конструкційних елементів з використанням адитивної технології, методи адитивного виробництва, матеріали для адитивних процесів; сплави з пам'яттю форми (SMA-матеріали), гістерезис перетворення, особливості зміни кристалічної структури.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть отримані основні знання про матеріали, їх кристалічну будову, методи їх термічної обробки та удосконалення їх механічних властивостей, методи дослідження та та встановлення чинників руйнування, вплив структур на їх властивості, що допоможе точно сформулювати проблему, мету та завдання дослідження, визначити методи та використати обладнання для вирішення проблеми; правильно інтерпретувати отриману інформацію для прийняття оптимальних рішень; пов'язати вирішення виникаючих на практиці завдань з фізичною природою даних явищ і знаходити правильні

рішення; бути обізнаним у основних напрямках та розробках зварювального матеріалознавства; демонструвати навички роботи у науково-дослідному колективі; застосовувати основні методи фізико-математичного, статистичного та регресійного аналізу для обробки та інтерпретації результатів експерименту; застосовувати вміння використання математичного моделювання фізичних процесів при зварюванні, фізико-хімічних та структурних перетворень для оцінки отриманих експериментальних результатів; визначати властивості матеріалів, будувати діаграми стану сталей та сплавів, що досліджуються; читати та оформляти технічну документацію; використовувати отримані знання при виконання науково-дослідних робіт та дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії.

4. Вимоги навчальної дисципліни:

Вивчення курсу «Властивості матеріалів в нерівноважному стані та методи їх отримання» являється обов'язковим. Об'єм навчального навантаження складає 7 кредити із них 48 години - лекції, 28 годин -практичні заняття, 134 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. Освоїти сучасні поняття та уявлення щодо фізичного матеріалознавства сучасних конструкційних матеріалів, матеріалів зі спеціальними властивостями та їх зварних з'єднань.

Мета викладання дисципліни – опанувати загальними уявленнями, щодо структури, властивостей та методів дослідження сучасних конструкційних матеріалів та їх зварних з'єднань.

План викладання дисципліни:

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРА
1	2	3	4	5	6
<i>Розділ 1. Фізичне матеріалознавство. Загальні положення.</i>					
<i>Тема 1.1. Класифікація сучасних сталей та сплавів. Вплив легуючих елементів на властивості матеріалів</i>	12	2	2	-	8
<i>Тема 1.2. Кристалічна структура металів.</i>	12	2	2	-	8
<i>Тема 1.3. Основи теорії сплавів. Діаграми фазової рівноваги.</i>	12	2	2	-	8
<i>Тема 1.4. Фізичні основи пластичної деформації сталі та сплавів.</i>	12	2	2	-	8
<i>Тема 1.5. Механізми та основні види руйнування</i>	6	2	-	-	4

1	2	3	4	5	6
<i>Тема 1.6. Методи визначення механічних властивостей матеріалів.</i>	10	2	2		6
<i>Тема 1.7. Класифікація методів дослідження матеріалів.</i>	12	2	2		8
Разом за розділом 1	74	14	12	-	48
Розділ 2. Загальні положення теорії термічної обробки та формування структури сталей в нерівноважних умовах.					
<i>Тема 2.1. Мета термічної обробки. Класифікація видів термічної обробки. Основні види термічної обробки. Утворення аустеніту, кінетика і механізм аустенітизації. Гомогенізація і розмір зерна аустеніту. Ізотермічний розпад аустеніту.</i>	8	2	2	-	4
<i>Тема 2.2. Кінетика утворення структур в вуглецевих сталях. Кінетика розпаду аустеніту. Ізотермічні та термокінетичні діаграми розпаду аустеніту.</i>	10	2	2	-	6
<i>Тема 2.3. Особливості формування структур в нерівноважних умовах кристалізації. Формування феритних, перлітних, бейнітних структур та мартенситу.</i>	8	2	2	-	4
<i>Тема 2.4. Формування структури та механічні властивості матеріалу в зоні термічного впливу зварних з'єднань конструкційних сталей.</i>	8	2	-	-	6
<i>Тема 2.5. Чисельні методи прогнозування структурного стану та механічних властивостей матеріалу з'єднань із конструкційних сталей та злитків отриманих електрошлаковим переплавом.</i>	16	6	2		8
Разом за розділом 2	50	14	8	-	28
Розділ 3. Вплив нерівноважних умов отримання матеріалів при кристалізації рідини та конденсації пари на їхню структуру та властивості					
<i>Тема 3.1. Отримання конструкційних елементів з використанням адитивної технології</i>	6	2	2	-	6
<i>Тема 3.2. Прогнозування макроструктури та механічних властивостей конструкційних</i>	8	4	2	-	7

1	2	3	4	5	6
<i>елементів титанового сплаву, отриманих з використанням адитивної технології поширеного формування, вплив механічних властивостей на працездатність та ресурс конструкційних елементів.</i>					
<i>Тема 3.3. Структура та властивості матеріалів отриманих в процесі осадження парової фази</i>	8	6	2	-	8
<i>Тема 3.4. Сплави з пам'яттю форми (SMA-матеріали).</i>	10	4	2	-	7
Разом за розділом 3	56	20	8	-	28
Екзамен					30
Всього годин	210	48	28	-	134

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.

$R_E=60$ 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. Гудремон Э.А. Специальные стали. Том 1. –2-е изд. - М.: Металлургия, 1966. - 734 с.
2. М.И.Гольдштейн Пути повышения прочности и хладостойкостиконструкционных сталей / М.И.Гольдштейн // Митом .- 1987 .- №11 .- С.6-11.
3. Матросов Ю.И., Литвиненко Д. А., Голованенко С. А. Сталь для магистральных трубопроводов. М., 1989. - 289с.
4. Григоренко Г.М., Костин В.А. Свариваемость сталей и критерии ее оценки. Сварочное производство, 2012, 10(935), с.3-10.
5. Справочник сварщика. Справ. изд./Под ред. В. В. Степанова М: Машиностроение, 1975, 520 с.
6. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х г. Т. 1. Свариваемость материалов.
7. Гуляев А.П. Термическая обработка стали. М.:Машгиз,1960, 495 с.
8. Позняков В.Д., С.Б. Касаткин, В.А. Довженко Структура и хладостойкость сварных соединений стали 09Г2С после ремонтной сварки // Автоматическая сварка. – 2006. – № 9. – С. 46-52.
9. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов.М.:Металлургия,1978,389 с.
10. Энтин Р. И. Превращения аустенита в стали, М., 1960, 466 с.
11. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металургия, 1986. - 542 с.
12. Квасницкий В.В. Теория сварочных процессов. Исследования физико-химических и металлургических процессов и способности металлов к сварке. Учебное пособие. – Николаев:УДМУ, 202. – 184 с.
13. Макаров Э. Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. — М.: Машиностроение, 1981. — 248 с.
14. Лившиц Л.С, Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. М.: Машиностроение. 167 с.

15. Касаткин Б. С., Мусяченко В. Ф. Низколегированные стали высокой прочности, для сварных конструкций. Киев: Техшка, 1970. 188 с.
16. Гривняк И. Свариваемость сталей: пер. со слов. Л.С.Гончаренко; под ред. Э.Л.Макарова.- М.:Машиностроение, 1984. – 216 с.
17. Ю.Я.МешковФизические основы разрушения стальных конструкций.- Киев: Наук. думка, 1981.- 240 с.
18. ГрабинВ.Ф.,Денисенко А.В. Металловедение сварки низко- и бредне- легированных сталей .- К.: Наукова думка, 1978.- 254с.
19. Гольдштейн М.И., Фарбер В.М. Дисперсионное упрочнение стали. М.:металлургия, 1979, 208 с.
20. Бабаскин Ю.З., Щипицын С.Я., Кирчу И.Ф. Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой. – К.: Наукова думка, 2006. – 380с.
21. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Специальные стали. Учебник для вузов. Г. М.: Metallurgy, 1985. 408 с.
22. Лившиц Л. С. Металловедение для сварщиков (сварка сталей). — М.: Машиностроение, 1979.— 253 с.
23. Богомолова Н.А. Практическая металлография: Учебник для техн. училищ. - 2-е изд., испр. - М.: Высш. школа, 1982. - 272 с., ил. - (Профтехобразование. Металлография, металловедение).
24. Приборы и методы физического металловедения. Ч.1-2. Под. ред. Вейнберг Ф. М.: Мир, 1973. - 432 с.
25. Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука[и др.]; под ред. Х. Фунакубо. –М. : Metallurgy, 1990. –224 с.
26. Курдюмов, Г. В.О природе бездиффузных мартенситных превращений / Г. В. Курдюмов// ДАН СССР. –1948. –Т. 60. –№9. –С. 1543-1546.
27. Курдюмов, Г. В.О термоупругом равновесии при мартенситных превращениях / Г. В. Курдюмов, Л. Г. Хандрос// ДАН СССР. –1948. –Т. 60. –№2. –С. 211-220.
28. Г.М.Григоренко, В.А.Шаповалов, В.В.Жуков, Аддитивное производство металлических изделий (Обзор) // Автоматическая сварка, №5-6, 2016, с. 148-153.
29. Влияние циклического нагружения на микроструктуру и хладостойкость металла ЗТВ стали 10Г2ФБ / В.Д. Позняков, Л.И. Маркашова, А.А. Максименко и др. // Автоматическая сварка. - 2014. - №5. – С. 3-11.
30. Особенности формирования структуры сварных соединений микролегированной конструкционной стали S460M / Г. М. Григоренко, В. Д. Позняков, Т.А. Зубер, В.А. Костин // Автоматическая сварка. - 2017. - №9. – С. 9-16.
31. В.Д. Позняков. Свариваемость высокопрочных легированных сталей с пределом текучести 590...785 МПа // Автоматическая сварка. - 2018. - №3. – С. 7-12.
32. В.Д. Позняков. Конструкційні сталі класу міцності С350...С490 та їх здатність до зварювання // Строительство, материаловедение, машиностроение Сб. научн. Трудов. Вып. 89, - Дн-вск, ГВУЗ «ПГАСА», 2016.- С. 144-150.
33. Гуляев А.П. — Металловедение, М. «Металлургия», 1986. - 282 с.
34. Курдюмов Г.В., Утевский Л.М., Энтин Р.И. Превращения в железе и стали. - Москва: Наука, 1977. - 236 с.
35. О.Г.Касаткин, П.Зайффарт Расчетные модели для оценки механических свойств металла ЗТВ при сварке низколегированных сталей. Сб. тр. междунар.конф. «Математическое моделирование и информационные технологии в сваркеи родственных процессах». – Киев, 2002. – С. 103–106.
36. Christian J.W. The Theory of Transformations in Metals and Alloys. Parts I. Oxford, Pergamon, 2002. - 1200 pp.
37. В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов – М.: Высшая школа. – 1988, 559 с.

