

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.

ФІЗИКА РІДКОГО СТАНУ І МЕТАЛУРГІЙНА СПАДКОВІСТЬ
шифр навчальної дисципліни за ОНП 4/І

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

рівень вищої освіти - доктор філософії
спеціальність - 136 – Металургія
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.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Зав. відділу плазмово-шлакової металургії Інституту
електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ
д.т.н., чл-кор., проф. Шаповалов Віктор 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
д.т.н., Шейко Іван Васильович

(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)

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)

Вступ

Програму навчальної дисципліни «Фізика рідкого стану і металургійна спадковість»
(назва навчальної дисципліни)

складено відповідно до освітньої програми

ОНП 4/І
(ОПП/ОНП, назва)

ІІІ рівня вищої освіти доктор філософії
(рівень вищої освіти)

спеціальності 136 – металургія
(код і назва спеціальності)

Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки, шифр 4/І
(загальної / професійної підготовки)

Статус навчальної дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / вибіркова)

Обсяг навчальної дисципліни 4,5 кредитів ЄКТС.

Міждисциплінарні зв'язки:

- «Термодинаміка і кінетика металургійних процесів» – код 3/І»;
- «Основи структуроутворення металів і сплавів» – код 5/І

Дисципліна забезпечує виконання дисертаційної роботи доктора філософії.

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування в аспірантів компетентностей:

- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (ЗК 7);
- Здатність досліджувати проблеми із 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(код 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 (код ФК 13);
- здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень у металургійній галузі знань для вирішення наукових і практичних проблем(код ФК 15).

1.2. Завдання навчальної дисципліни

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 (код ЗН 1);
- методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем у широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач, в тому числі за умов невизначеності чи неповної інформації (код ЗН 4);
- новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі металургія та суміжних сферах (код ЗН 5);
- сучасної вітчизняної та зарубіжної науково-технічної інформації в професійній сфері діяльності (код ЗН 12);
- сучасних теорій, положень, методів досліджень у металургійній галузі (код ЗН 14);
- термодинаміки та кінетики металургійних процесів (код ЗН 15);
- фізики рідкого стану і металургійної спадковості (код ЗН 16);
-

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 аналіз та синтез знань під час вирішення проблем у широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач за умов невизначеності чи неповної інформації (код УМ 7);
- постійно удосконалювати свій загальний інтелектуальний та професійний рівень (код УМ 18);
- розробляти нові методики досліджень у галузі металургії (код УМ 26);
- планувати і проводити аналітичні, імітаційні та експериментальні дослідження, критично оцінювати дані і робити висновки (код УМ 27);
- проводити наукові дослідження на основі сучасних теорій термодинаміки, кінетики металургійних процесів, фізики рідкого стану і структуроутворення металів і сплавів (код УМ 29).

2. Структура навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 135 годин / 4,5 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить кредитний модуль: “Фізика рідкого стану і металургійна спадковість”

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Семестри	Усього кредитів / годин	Розподіл навчального часу за видами занять			Семестрова атестація
			Лекції	Практичні заняття	СР аспіранта*	
Денна	2	4,5/135	52	-	83	Екзамен

* Розрахунок наведено в додатку А

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль 1. «Фізика рідкого стану і металургійна спадковість». Вступ. Завдання і зміст курсу. Загальні положення. Короткий історичний аналіз розвитку фізики рідкого стану й металургійної спадковості.

Розділ 1 Властивості рідини та механізм плавлення.

Тема 1.1 Співвідношення між твердим та рідким станами речовини.

Прихована теплота плавлення. Теплоємність. Вплив на рідину напруг стискання і розтягування. Схожість з твердими тілами. Рідина - проміжна фаза між твердим тілом і газом. Ближній порядок у рідині.

Тема 1.2 Оцінка впливу зміни об'єму й температурних властивостей твердих і рідких тіл. Механізм плавлення.

Кількісне і якісне розходження між рідиною та твердими тілами. Вплив питомого обсягу і температури на властивості рідини. Сублімація. Критична температура. Стрибокподібна зміна ентропії при плавленні. Зміна текучості при переході через температуру плавлення.

Тема 1.3 Діркові й дисоціаційні схеми процесу плавлення.

Дальній і ближній порядок. Порушення в кристалах дальнього порядку (дірки - вакантні вузли в кристалічній решітці). Гістерезис при переході в системі – тверде тіло-рідина-тверде тіло. Теплове розширення. Дисоціація кристалічної решітки – перехід атомів із вузлів до міжвузля. Кристал – бінарний сплав атомів і дірок.

Тема 1.4 Ближній порядок у рідинах як результат «структурної дифузії» кристалічної решітки.

Ближній порядок. Коефіцієнт структурної дифузії. Рентгенограми рідини. Розпушення структури кристала при температурі плавлення. Тепловий рух системи, амплітуди коливань атомів. Лінійні й двомірні ґратки.

Тема 1.5 Залежність структури рідини від вільного об'єму; теорія Кирквуда.

Рухливість, плинність рідини. Кінетична енергія теплового руху і потенціальна енергія сил відштовхування. Попередні зауваження щодо основних положень теорії Кирквуда, модель рідини – потужно стиснутий газ. Гіббсовський закон розподілу часток по всіляких напрямках.

Тема 1.6 Температурна залежність твердості (модуля зсуву) кристалічної решітки.

Теорія Борна про залежності модуля зсуву кристалічної решітки від температури. Аморфізація кристалічної решітки при наближенні до температури плавлення.

Тема 1.7 Діркова теорія рідкого стану.

Поняття дірок у рідині. «Атоми» або «кванти» порожнечі. «Гомофазні» і «Гетерофазні» флуктуації в рідині. Дірки зародкових розмірів. Плавлення кристала – нестійкість правильного розташування часток.

Розділ 2 Тепловий рух у рідинах і їх механічні властивості.

Тема 2.1 Тепловий рух у простих рідинах.

Гармонічні коливання часток біля положень рівноваги. Час коливання частки біля положення рівноваги, рухливість положень рівноваги. Теплоємність рідини. Умови прояву в'язкості рідини. Середня швидкість переміщення атомів рідини, коефіцієнт самодифузії.

Тема 2.2 В'язкість простої рідини.

Значення коефіцієнта дифузії (самодифузії) рідини в залежності від температури. Вплив температури і тиску на в'язкість. Механізм в'язкої течії і його зв'язок з теорією релаксаційної пружності за Максвеллом. Коефіцієнт в'язкості. Релаксаційна теорія пружності. Залежність модуля зсуву від температури.

Тема 2.3 Діркова теорія дифузії і в'язкості рідини.

Коефіцієнт дифузії різних за природою і розмірами домішок. Коефіцієнт самодифузії рідини.

Розділ 3 Поверхневі явища.

Тема 3.1 Поверхневий натяг рідини та його залежність від температури. Поверхневий натяг. Поверхнева енергія. Капілярні і релєвські хвилі.

Тема 3.2 Мономолекулярні адсорбовані шари.

Зв'язок поверхневого натягу з рідиною, що сорбована поверхнею. Осмотичний тиск. Поверхнева дифузія.

Тема 3.3 Полімолекулярні плівки (термодинамічна теорія).

Поверхневий натяг між двома не змішуваними рідинами. Умови розтягування і скорочення плівки. Краплеутворення. Розклинюючий тиск.

Тема 3.4 Зведення сил зчеплення між молекулами до їх поверхневої енергії і застосування цього методу до питань розподілу молекул у розчинах. Поверхнева енергія між двома рідинами і рідиною і твердим тілом. Температура змішування двох рідин. Будова емульсійних рідин. Взаємна розчинність двох рідин.

Розділ 4 Кінетика фазових перетворень.

Тема 4.1 Термодинамічна і кінетична теорії конденсації пересиченої пари.

Температура фазового переходу. Виникнення нової фази – зародки. Вплив ступеня пересичення на величину зародка. Зародки бульбашкового типу.

Тема 4.2 Метастабільні стани і гетерофазні флуктуації в парі поблизу точки насичення.

Нестабільність рівноваги меж пересиченою парою і рідиною. Гомофазні і гетерофазні флуктуації густини.

Тема 4.3 Загальна теорія гетерофазних флуктуацій й перехідних явищ.

Статистичний розподіл зародків. Поверхневий потенціал між зародком і оточуючою фазою. Статистична рівновага в двохфазній системі. Перериваний характер перетворення А в В.

Тема 4.4 Роль твердих поверхонь і сторонніх колоїдних часток у процесах кавітації й конденсації. Теплові флуктуації. Явища конденсації на розчинних і не розчинних частках. Вплив електричного заряду на критичний розмір зародка.

Тема 4.5 Кінетика процесів кристалізації в розплавах і розчинах.

Відмінність кристалізації із газової фази від кристалізації з розчину. Вплив переохолодження на швидкість кристалізації. Вплив присутності твердих поверхонь і сторонніх часток на швидкість кристалізації. Залежність температури переохолодження розплаву від температури перегріву.

Розділ 5 Спадковість у литих сплавах.

Тема 5.1 Вступ. Проблема спадковості в литих сплавах.

Взаємозв'язок процесів у ливарному виробництві. Історія розвитку проблеми спадковості в сплавах.

Тема 5.2 Спадковість у металевих сплавах.

Історія спадковості в сплавах чорних металів. Спадковість у сплавах кольорових металів.

Тема 5.3 Сучасні моделі розплавів.

Вступ. Сучасні моделі розплавів. Зв'язок властивостей розплавів зі структурою шихтових металів.

Тема 5.4 Механізми явища структурної спадковості (ЯСС).

Визначення успадкованих елементів структури розплавів. Основні закономірності ЯСС.

Тема 5.5 Спеціальні способи обробки шихтових матеріалів (ССОШМ).

Традиційні способи підготовки і отримання шихтових матеріалів. Класифікація ССОШМ. Рідкофазна і кристалізаційна обробка. Твердофазна обробка ШМ. Дисперсійна і комбінована обробка.

Тема 5.6 Умови технології щодо успадкування (генезис металів).

Вплив умов плавлення й оброблення розплаву. Вплив умов лиття й оброблення виливків.

Тема 5.7 Модифікування сплавів на основі (ЯСС).

Отримання металевих модифікаторів із дисперсною структурою. Критерії якості мікрокристалічних модифікаторів. Модифікування сплавів добавками мікрокристалічних модифікаторів (МКМ). Механізм генного модифікування.

Тема 5.8 Створення й перспективи технологій генної інженерії (ТГІ) в сплавах.

Основи створення ТГІ. Новітні технології оброблення шихти й розплавів. Застосування ТГІ в кольорових і чорних сплавах. Ефективність ТГІ в металургії й машинобудуванні.

4. Рекомендований перелік практичних занять (комп'ютерних практикумів)

Практичні заняття не передбачено.

5. Рекомендовані індивідуальні завдання

Самостійна робота аспірантів включає підготовку до лекцій модульної контрольної роботи й екзамену (див. Методичні вказівки до самостійної роботи). Розподілення часу на самостійну роботу наведено в додатку А.

6. Рекомендована література

6.1 Література базова:

1. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкости.-Ленинградское отделение: «Наука». -1975.-592 с.
2. Крокстон К. Физика жидкого состояния. Статистическое введение. – М.: «Мир». – 1978. – 400 с.
3. Никитин В.И. Наследственность в литых сплавах: Учебное пособие по курсу лекций. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т. - Электронное издание. - 2015. – 170 с.

6.2 Література допоміжна:

1. Никитин В.И. Новые литейные технологии с использованием явления наследственности/ В.И.Никитин // Литейное производство. – 1997. – №5. – С.12.
2. 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.
3. Ладьянов В.И. Структурные особенности и процессы затвердевания эвтетических аморфообразующих систем/В.И.Ладьянов // Теория и практика металлургии. - 2006.- №3-4.- С. 99-103.
4. Курганов В.А. Доменные чугуны для литейного производства/ В.А.Курганов, В.В.Лесовой, Л.А.Краузе // Литейное производство. – 1992. – №10. – С.12–14.
5. Давыдов С.В. Эффективный способ устранения «наследственности» в доменных чугунах и чугунах ваграночной плавки/С.В. Давыдов // Черные металлы. – Июнь 2003. – С.15–17.
6. Гаврилин И.В. О механизме образования жидких чугуновых сплавов и их наследственности. /И.В.Гаврилин //Литейное производство. – 1999. – №2. – С.10–12.
7. Пепель П.С. Тезисы докл. УІ междун.научно-практ. конф. «Генная инженерия в сплавах». / П.С. Пепель // Самара. - 1998. – С.11–13.

8. 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.

7. Засоби діагностики успішності навчання

Для поточного контролю успішності навчання рекомендується проведення чотирьох контрольних робіт – одна модульна контрольна робота за окремими розділами (на контрольні роботи виносяться питання лекційного курсу і СР аспірантів):

1. Властивості рідини та механізм плавлення. Тепловий рух у рідинах і їх механічні властивості. Поверхневі явища. Кінетика фазових перетворень.

Підсумковий контроль результатів навчання з дисципліни проводиться у формі екзамену.

Навчальна програма складена на основі ОНП підготовки докторів філософії спеціальності 136 – “Металургія”.

Програму розробили:

Зав. відділом

д.т.н. чл-кор., проф.


(підпис)

В.О. Шаповалов

п.н.с., д.т.н.


(підпис)

І.В. Шейко

п.н.с. к.т.н.


(підпис)

І.В. Поротоковілов

с.н.с. к.т.н.


(підпис)

Ю.О. Никитенко

Розрахунок часу на самостійну роботу

Час на самостійну роботу аспіранта складає:

$$T_{\text{CPA}} = 0,8 \times t_{\text{Л}} + 1 \times \text{MKP} + 1 \times E = 0,8 \times 52 + 1 \times 10 + 30 \times 1 = 83 \text{ годин}$$

Примітка: Л – лекції; ; МКР – модульні контрольні роботи; Е - екзамен.